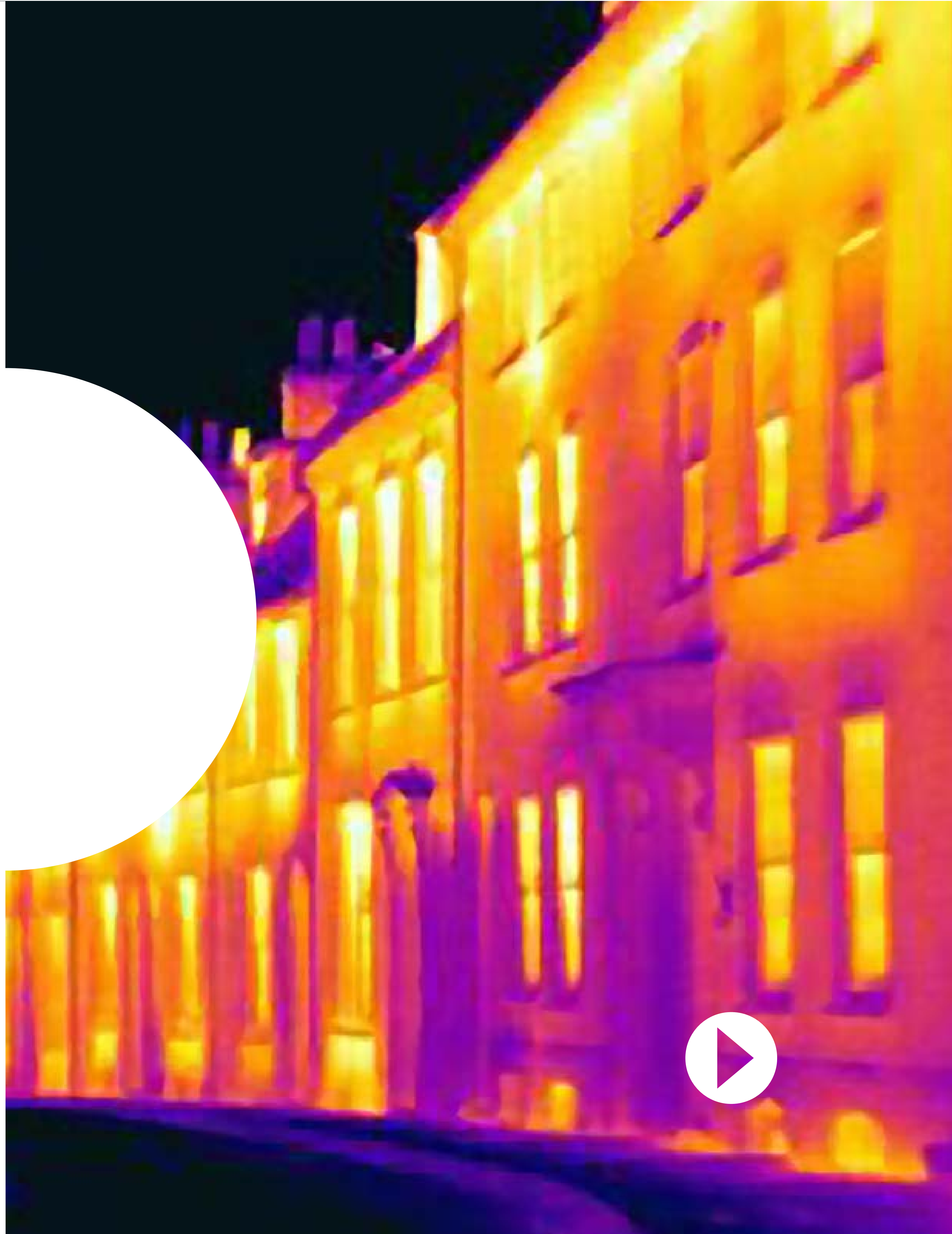
RIJK ZONDER CO_2

NAAR EEN DUURZAME ENERGIEVOORZIENING IN 2050



SEPTEMBER 2015



Raad voor de leefomgeving en infrastructuur

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) is het strategische adviescollege voor regering en parlement op het brede domein van duurzame ontwikkeling van de leefomgeving en infrastructuur. De raad is onafhankelijk en adviseert gevraagd en ongevraagd over langetermijnvraagstukken. Met een integrale benadering en advisering op strategisch niveau wil de raad bijdragen aan de verdieping en verbreding van het politiek en maatschappelijk debat en aan de kwaliteit van de besluitvorming.

Samenstelling Rli

Mr. H.M. (Henry) Meijdam, voorzitter
A.M.A. (Agnes) van Ardenne-van der Hoeven
Ir. M. (Marjolein) Demmers MBA
E.H. (Eelco) Dykstra, MD
L.J.P.M. (Léon) Frissen
Ir. J.J. (Jan Jaap) de Graeff
Prof. dr. P. (Pieter) Hooimeijer
Prof. mr. N.S.J. (Niels) Koeman
Ir. M.E. (Marike) van Lier Lels
Prof. dr. ir. G. (Gerrit) Meester
Ir. A.G. (Annemieke) Nijhof MBA
Prof. dr. W.A.J. (Wouter) Vanstiphout

Algemeen secretaris

Dr. R. (Ron) Hillebrand

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur
Oranjebuitensingel 6
Postbus 20906
2500 EX Den Haag
info@rli.nl
www.rli.nl

INHOUD

DEEL 1 | ADVIES

EEN NIEUW PERSPECTIEF VOOR DE BENODIGDE TRENDBREUK

Aanleiding voor dit advies is de vraag die minister Kamp van Economische Zaken aan de raad voor de leefomgeving en infrastructuur (de raad) stelde: hoe komen we tot een volledig duurzame energievoorziening in 2050. Dit advies richt zich derhalve op de periode na het SER-Energieakkoord dat het kabinet in 2013 sloot met maatschappelijke partners. Die doelen reiken slechts tot 2023, terwijl beleid en investeringen een langere horizon nodig hebben.

De raad constateert dat zowel het energiedebat als het energiebeleid zich de afgelopen jaren hebben versmald tot een discussie over specifieke bronnen en sectoren. Het gaat daarbij voortdurend om de kwantitatieve inzet, de wijze van stimulering, of om het instrumentarium ter ontmoediging van een bepaalde energiebron. Deze gefragmenteerde focus roept vaak sterke tegenstellingen op in het maatschappelijke en politieke debat. De discussies die hieruit volgen, ook binnen de raad zelf, staan de transitie naar een duurzame energievoorziening in de weg. Ook constateert de raad dat sinds 1990 de CO_2-emmissie van de energievoorziening niet is gedaald, ook al voert Nederland al minstens twee decennia klimaatbeleid. De raad kiest vanwege deze twee constateringen voor een nieuw perspectief; een nieuwe manier om het energiedebat te voeren en het energiebeleid vorm te geven.

De raad stelt voor om de energietransitie te richten op een helder doel, dat onomstotelijk vastligt en op zichzelf geen onderwerp is van discussie. Voor Nederland moet het doel zijn dat de emissie van broeikasgassen in 2050 80% tot 95% lager zal zijn dan in 1990. Voor de Nederlandse energievoorziening betekent dit dat de energetische CO_2-emissies in 2050 82% tot 102% lager moeten zijn dan de emissies van de energievoorziening in 1990. De emissieruimte voor de energievoorziening is dan maximaal 30 megaton CO_2.

De raad adviseert om dit reductiedoel wettelijk vast te leggen. Hiermee wordt het een krachtig sturingsprincipe. Een wettelijke borging geeft het signaal aan Nederlandse burgers en bedrijven dat het klimaatprobleem urgent en serieus is en dat nu actie moet worden ondernomen. Ook zorgt wettelijke borging voor een helder perspectief en voor zelfbinding voor deze en volgende Nederlandse regeringen. Het doel van CO_2-reductie staat voorop, ook al leidt dat in Nederland tot grote economische en maatschappelijke veranderingen, tot (her) verdelingsvraagstukken of tot grote kosten van verandering. Omdat de Nederlandse economie in internationaal perspectief relatief energie-intensief is en bovendien grotendeels op fossiele energie gebaseerd, zal de benodigde energietransitie naar een CO_2-emissiearme energievoorziening juist in Nederland leiden tot relatief grote veranderingen. Dit op zich mag voor Nederland geen argument (meer) zijn om terughoudend te zijn in het doorzetten van de energietransitie.

Nederland dient een *resultaatverplichting* aan te gaan voor de reductiemaatregelen op die terreinen waarop Nederland zelfstandig kan handelen en haar internationale concurrentiepositie er geen schade door ondervindt. Nederland dient een *inspanningsverplichting* aan te gaan om in de Europese en de internationale politieke arena ons doel van een CO_2-emissiearme

energievoorziening ook op Europees niveau wettelijk te verankeren. Deze inspanningsverplichting houdt in dat Nederland voor internationale sectoren bindende afspraken maakt, liefst op mondiaal niveau of anders op EU-niveau, en als dat niet lukt, met een kopgroep van Europese landen. Een nationale 'alleingang' voor internationale sectoren heeft geen zin, omdat bedrijven of bedrijvigheid zich dan verplaatsen naar buiten Nederland waardoor de CO_2-emissies op globale schaal niet afnemen en het doel dus niet dichterbij komt. Overigens zal een ambitieuze inzet door Nederland, ook als die in internationaal verband plaatsvindt, leiden tot grote economische structuurveranderingen in de Nederlandse energie-intensieve industrie en de energiesector. Dit is een enorme uitdaging die ondersteund moet worden met langjarige resultaatgestuurde innovatieprogramma's.

Deze ambitieuze uitdaging kan alleen gerealiseerd worden als de weg naar het te bereiken doel wordt bewaakt door een onafhankelijke persoon of instantie die op afstand staat van de in het geding zijnde belangen. De raad pleit daarom voor een regeringscommissaris die deze transitie aanjaagt, bewaakt en langjarig (los van kabinetswisselingen) waarmaakt.

Het jaar 2050 lijkt ver weg, maar de opgave is ook groot en ambitieus. Tegelijkertijd stelt de raad vast dat de onzekerheden, technisch maar ook sociaal-maatschappelijk, te groot zijn om een gedetailleerd pad uit te stippelen. Ook daarom is een ander perspectief nodig: we moeten niet langer redeneren vanuit de huidige situatie, vanuit het nu, maar in de discussie ruimte maken voor de toekomst. Bovendien moet de discussie breder gevoerd worden dan over specifieke bronnen en sectoren. Om deze redenen is het startpunt van het advies de fundamentele maatschappelijke behoefte waarin energie, ook in 2050, moet voorzien. De raad onderscheidt vier functionaliteiten: i) lage temperatuurwarmte in gebouwen voor verwarming en warm water; ii) hoge temperatuurwarmte voor industriële productie; iii) transport en mobiliteit; iv) de werking van verlichting en elektrische apparaten.

De transities naar de vier energiefunctionaliteiten verschillen sterk: op het punt van noodzakelijke innovaties, in de mate van afhankelijkheid van het buitenland, in het aantal en soort partijen dat een rol speelt, et cetera. Dit leidt tot verschillen in de snelheid waarin de transitie tot stand komt. Zo voorzien wij dat de transitie naar de gewenste CO_2-reductie in de lage temperatuurwarmte eerder is bereikt dan bijvoorbeeld in hoge temperatuurwarmte. Naast de functionaliteiten zijn er doorsnijdende beleidsopgaven: innovatie, de werking van de markt, financiering, energiebewustzijn, ruimtebeslag en gedrag. Over deze punten zegt de raad dat ook hier de invulling verschilt per energiefunctionaliteit, maar dat ze voor al deze functionaliteiten essentiële aanpassingen behoeven.

Het advies schetst randvoorwaarden die moeten leiden tot de noodzakelijke trendbreuken. Stabiliteit in beleid is van groot belang om de transitie voor elkaar te krijgen. Ook het Rijk moet leren omgaan met de veranderende energievoorziening (bijvoorbeeld alleen al als het gaat om de aan de winning en het gebruik van fossiele energie gerelateerde inkomsten voor de begroting). De overheid creëert condities en stuurt, samen met maatschappelijke actoren en het bedrijfsleven, op voortgang. Maar laat daarbij

wél ruimte voor vernieuwing. De raad adviseert op dit punt dat de sturing van de transitie vanwege de lange termijn, de onzekerheden en eventuele versnellingsmogelijkheden, adaptief op een hard einddoel gericht moet zijn. De sturing moet grotendeels nog worden ingericht en opgezet.

De route naar de harde CO_2-reductiedoelstelling wordt dus flexibel ingevuld langs vier transitiepaden. Hier ligt een grote uitdaging voor overheid, maatschappij, bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen. Een adaptief innovatiebeleid moet de mogelijkheid bieden om nieuwe wegen in te slaan, als de actualiteit daarom vraagt, of als nieuwe technologie beschikbaar is. Deze programmatische aanpak zal nieuw elan in de transitie brengen, zo is de overtuiging van de raad. Het biedt ruimte aan nieuwe partijen, nieuwe verbindingen, nieuwe financieringsmodellen, nieuwe technologie, nieuwe denkers, et cetera. Dát is waar de energietransitie dringend behoefte aan heeft en waarin we als Nederland kunnen excelleren.

1

AANLEIDING EN DOEL VAN DIT ADVIES

Er is toenemende maatschappelijke en politieke behoefte aan een integrale en strategische visie op de energievoorziening in Nederland voor de langere termijn. Daarom heeft de minister van EZ aan de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (de Rli of de raad) advies gevraagd over de " … energievoorziening in Nederland op middellange termijn, waarbij het einddoel een volledig duurzame energiehuishouding in 2050 is … " (zie bijlage 1). In box 1 wordt aangegeven hoe de Rli 'een volledig duurzame energievoorziening' definieert.

Box 1 Een duurzame energievoorziening

De raad definieert een volledig duurzame energievoorziening als een koolstofarme energievoorziening die leveringszeker, veilig en betaalbaar is.

Voor Nederland betekent dit dat de emissie van broeikasgassen[1] in 2050 80% tot 95% lager moet zijn dan in 1990. Deze nationale doelstelling is afgeleid van de doelstelling van de Europese Unie en de internationale doelstelling dat de mondiale temperatuur gemiddeld met niet meer dan 2°C mag stijgen (UNFCCC, 2015).

Voor de Nederlandse energievoorziening betekent dit dat de energetische CO_2-emissies in 2050 82% tot 102% minder moeten zijn ten opzichte van de emissies van de energievoorziening in 1990[2].
De emissieruimte voor de energievoorziening is dan 0 tot maximaal 30 megaton (Mt) CO_2.

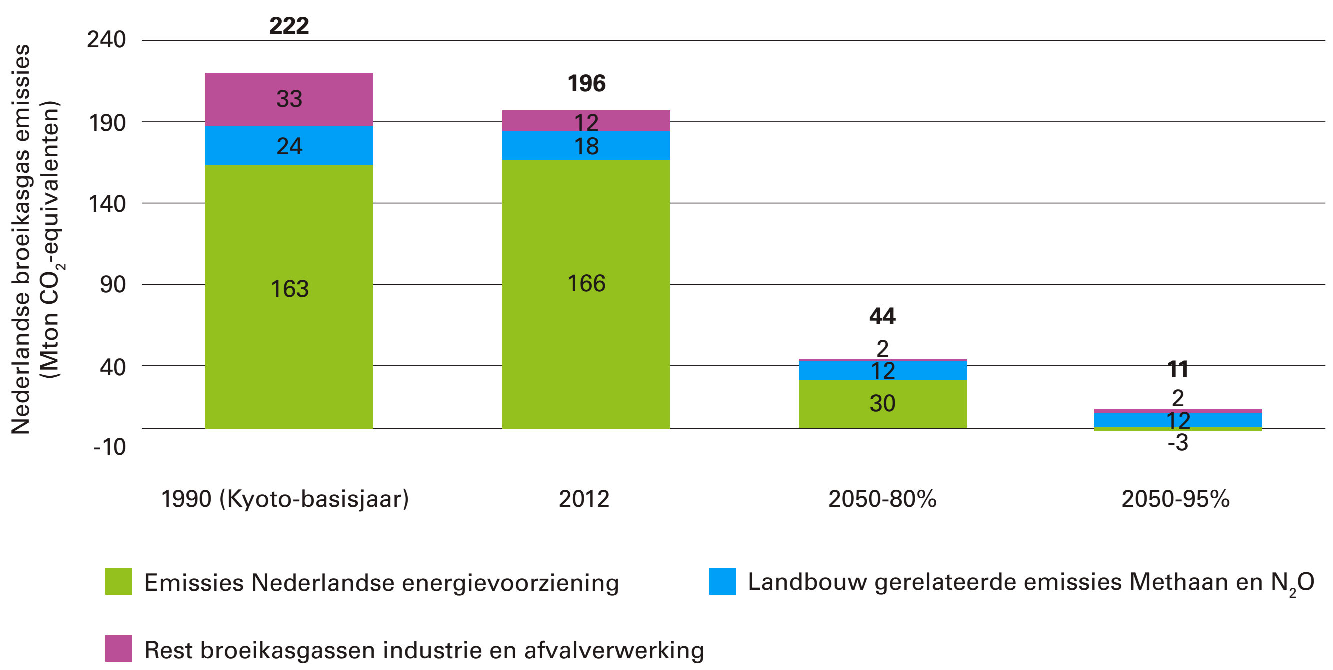
Verder vinden er geen afwentelingen in de keten plaats en is de energievoorziening houdbaar in de tijd. Een duurzame energievoorziening zorgt voor een betere luchtkwaliteit en draagt bij aan onze gezondheid.

De raad kiest voor een definitie en een doel gerelateerd aan de CO_2-emissie van de energievoorziening en niet voor een doel dat uitgedrukt wordt in energiebronnen of –technologieën. De reden hiervoor is dat er nieuwe technologische ontwikkelingen zullen zijn die een kans moeten krijgen, terwijl het koolstofarme doel in 2050 hard is. Figuur 1 geeft het CO_2-doel grafisch weer.

Omdat het doel hard is, en het traject naar 2050 lang en onzeker staat de raad een adaptieve aanpak voor. Daarbij is nodig om op onderdelen tussentijdse ondersteunende doelstellingen te formuleren.

1 Daar waar in dit advies CO2 gebruikt wordt bedoelen we zowel CO_2 als CO_2-equivalenten.
2 Alleen de energetische broeikasgasemissies van de landbouw worden meegenomen in dit advies, de rest niet. Omdat in de landbouw in 2050 een bepaalde hoeveelheid niet-energetische broeikasgasemissies over blijven die niet met technische maatregelen te verminderen zijn (PBL, 2011 pp 27-28), wordt er in dit advies vanuit gegaan dat die emissieruimte ten kosten gaat van de energievoorziening. Daarom moet de energievoorziening verhoudingsgewijs meer reductie realiseert dan de landbouwsector (onderbouwing van de berekening in bijlage 4).

Figuur 1: Broeikasemissies Nederland in 1990, 2012 en 2050 voor 80% en 95% reductie (Mton CO_2-equivalenten)



Het einddoel is rechtstreeks afgeleid van de Europese ambities om 80% tot 95% emissiereductie in 2050 te realiseren ten opzichte van 1990 (EU Energy roadmap, 2012). De Europese Unie (EU) heeft recentelijk doelen vastgesteld voor 2030[3]. In december 2015 vindt in Parijs de Conference of the Parties 21 plaats en daar staat een mondiale terugdringing van CO_2-uitstoot op de agenda. Als input voor de discussie in Parijs heeft de G7 in juni 2015 afgesproken om in 2050 ten opzichte van 2010 te komen tot een vermindering van broeikasgassen van 40% tot 70%, met een voorkeur voor de bovenkant van deze marge. Op de lange termijn spant de G7 zich in om een economie te ontwikkelen met weinig broeikasgasemissies. Bovendien nodigt de G7 alle landen uit om zich bij deze doelen aan te sluiten (G7, 2015).

De inzet van de EU voor Parijs is het Europese doel van 80% tot 95% reductie in 2050.

Dit advies schetst hoe de transitie naar het doel in 2050 mogelijk is. Studies en berekeningen laten onomstotelijk zien dat het kan (PBL, ECN, 2011; Quintel Intelligence 2015; IEA; 2015). Duidelijk is dat van Nederland een maximale inspanning wordt verlangd, en ook een inspanning om minder ontwikkelde landen ruimte voor economische ontwikkeling te bieden. Het SER-Energieakkoord (2013) heeft al een proces van verduurzaming in gang gezet. Dit advies kijkt verder. Er is beleid nodig dat de doelstelling borgt en dat investeerders en beleidsmakers meer houvast biedt voor de toekomst (PBL en ECN, 2011; The Economist, 2015).

Dit advies schetst geen gedetailleerde scenario's. Onzekerheden zijn te groot om dergelijke gedetailleerde paden te schetsen, bovendien wil de raad in dit advies niet redeneren vanuit de huidige situatie en niet vanuit specifieke bronnen en sectoren. De raad kiest een ander perspectief, dat van de energiefunctionaliteiten en redenerend vanuit het harde doel in 2050.

De energietransitie is verbonden met de internationale en nationale economische ontwikkelingen. De grote veranderingen die voor de transitie nodig zijn, bieden kansen voor een nieuwe economie, voor

3 Europese doelen zijn: EU-ETS -43% en non EU-ETS -33% ten opzichte van 2005, op EU-niveau ten minste 27% hernieuwbare energie en een indicatief doel voor energiebesparing van -30% ten opzichte van 2005.

nieuwe bedrijvigheid en nieuwe werkgelegenheid. Het realiseren van een duurzame energievoorziening in Nederland en daarbuiten zorgt voor vraag naar schone technologieën en productiemiddelen en stimuleert innovatie en nieuwe economische activiteiten. Bedrijven en landen die hier tijdig en goed op inspelen, profiteren hiervan.

Tegelijkertijd zal de transitie ook pijn doen, geld kosten en grote investeringen vergen. Bijvoorbeeld: op fossiele energie gebaseerde bedrijven moeten vaak kostbare structurele veranderingen in hun productieprocessen doorvoeren. Energiebedrijven moeten CO_2-neutrale energie gaan produceren. Eigenaren van bijvoorbeeld woningen, kantoren, scholen en ziekenhuizen moeten energiebesparende maatregelen nemen. Ook consumenten moeten overschakelen naar producten die klimaatvriendelijk zijn. Grote investeringen in energie-infrastructuur liggen in het verschiet.

Dit rapport is inhoudelijk ingedeeld in drie 'blokken':

Blok 1 (hoofdstuk 2, 3 en 4): de uitgangspunten en het analysekader
In hoofdstuk 2 geeft dit advies een korte schets van de mogelijke ontwikkelingen in de samenleving en van de energievoorziening. Hoofdstuk 3 en 4 introduceren het analysekader van dit advies dat gebaseerd is op vier energiefunctionaliteiten en verschillende transitiefasen, en geven een kwantitatieve illustratie van de transitieopgave in termen van CO_2-emissies.

Blok 2 (hoofdstuk 5): het advies van de raad aan de adviesvrager
In hoofdstuk 5 geeft de raad adviezen in de vorm van de minimaal noodzakelijke randvoorwaarden voor de transitie.

Blok 3 (hoofdstuk 6, 7 en 8): de uitwerking van de adviezen
In hoofdstuk 6 worden deze adviezen uitgewerkt per energiefunctionaliteit, in hoofdstuk 7 komen de doorsnijdende beleidsopgaven verbonden aan deze adviezen aan de orde. Aan de sturing van de energietransitie, ten slotte, wordt aandacht besteed in hoofdstuk 8.



2

SCHETS VAN DE VERANDERENDE SAMENLEVING EN ENERGIEVOORZIENING

In de komende 35 jaar verwacht de raad veranderingen in de vraag naar energie en grote vernieuwingen en innovaties in de wijze waarop in de energievraag wordt voorzien en in de wijze waarop energie wordt geproduceerd en getransporteerd. Sommige ontwikkelingen zullen zich snel aandienen, andere zullen meer tijd vergen. Sommige ontwikkelingen hebben een positief effect op het bereiken van het doel – bijvoorbeeld technologische doorbraken - en andere niet. Sommige ontwikkelingen moeten vanuit Nederland actief worden nagestreefd en gestimuleerd en andere komen van buiten de Nederlandse grenzen op ons af. De veranderingen kunnen uiteenlopen van radicale omwentelingen tot het gestaag doorzetten van nu reeds zichtbare ontwikkelingen. Deze veranderingen zullen onder meer betrekking hebben op sociaal-economische, technische en internationale ontwikkelingen.

Sociaal-economische ontwikkelingen: het is te verwachten dat het belang van steden toeneemt (Rli, 2014a). Dit leidt tot andere woon- en leefbehoeften, en andere vormen van woon-werkverkeer. Ook lijkt er in zekere mate een verschuiving plaats te vinden van bezit naar gebruik van producten (product-dienstcombinaties) en naar gebruik van gepersonifieerde producten en diensten (bijvoorbeeld medicijnen, voedsel, informatie- en communicatietechnologie). Mondiale ontwikkelingen in met name welvaart, technologie en kennis leiden wereldwijd tot andere behoeften (bijvoorbeeld aan voedsel, mobiliteit, huishoudelijke en professionele producten en aan diensten). Mede hierdoor ontstaat in de energievoorziening meer flexibiliteit en diversiteit in vraag en aanbod. Kleinschalige en individuele energieproductie groeit en daardoor ontstaan ook meer decentrale energiesystemen. Het slimmer benutten van grondstoffen en de ontwikkeling naar een meer circulaire economie hebben een belangrijke invloed op vraag naar en aanbod van energie.

Technologische ontwikkelingen: het dagelijkse leven verandert al decennia lang door ontwikkelingen in informatie- en communicatietechnologie (ICT). Dat zal de komende decennia niet anders zijn. Het is te verwachten dat virtual reality, verdergaande automatisering, het alsmaar kleiner worden van IT ‘hardware’ - zoals slimme horloges die directe persoonlijke feedback kunnen geven - en nanotechnologie de vraag naar energie beïnvloeden. In de energiesector wordt veel verwacht van slimme apparatuur en slimme netwerken om wisselende vraag en variabel aanbod beter op elkaar af te stemmen. Er kan steeds meer vanuit een platformeconomie (zoals bijvoorbeeld autodeelplatforms) gewerkt worden waarin allerlei lokale en centrale systemen aan elkaar zijn gekoppeld. Ook worden de komende jaren belangrijke ontwikkelingen verwacht op het gebied van zonne-energietechnologie en opslagtechnologieën zoals batterijen en waterstof. Er vindt in toenemende mate conversie plaats van de ene energiedrager naar de andere. Technieken die het mogelijk maken om groen gas of gasvormige energiedragers te produceren, of om elektriciteit om te zetten in gassen, kunnen zeker in Nederland, met een uitgebreid gas(kennis)netwerk, tot ontwikkeling komen. In de transportsector ontstaat een veel gevarieerder wagenpark door elektrische en hybride auto’s en LNG (Liquefied Natural Gas) voor zware voertuigen en voor scheepvaart. Ook de (chemische) industrie verandert door het anders voorzien in de energie- en grondstoffenbehoefte door bijvoorbeeld het gebruik van andere, meer op elektriciteit gebaseerde,

productietechnologie of door chemie gebaseerd op biomassa. Technologie voor lokale productie zoals bijvoorbeeld 3D-printing maakt kleinschalige fabrieken mogelijk en heeft invloed op vraag naar en aanbod van energie. Decentrale energieopwekking speelt hierin een belangrijke rol, maar mogelijk ook nieuwe centrale opwekkingstechnologieën, zoals nucleaire technologie en mogelijke nieuwe generaties thoriumreactoren.

Internationale ontwikkelingen: van een periode waarin mondialisering van de economie centraal stond, lijken we nu een periode in te gaan met meer nadruk op lokale gemeenschappen en meer geopolitieke fragmentering. Vooral de laatste trend van geopolitieke fragmentering ondermijnt het huidige vertrouwen dat op lange termijn energie en grondstoffen verkrijgbaar blijven via vrije internationale handel. Het idee van de circulaire economie wordt niet alleen gevoed door bezorgdheid over de eindigheid van energie en grondstoffen, maar ook door bezorgdheid over het feit dat om geopolitieke redenen op de lange termijn de beschikbaarheid ervan in het geding kan komen. Zowel vanuit de zorgen om het klimaat als vanuit de wens om minder importafhankelijk te zijn, is in landen een beweging ontstaan om zelf meer en duurzame energie te produceren. Ook in Europa zien we een dergelijke ontwikkeling, deels onder invloed van het Europese beleid, maar deels ook op basis van nationale beleidsbeslissingen en van beschikbare technologie. Wat precies oorzaken voor en gevolgen van veranderingen in het energiesysteem zijn, is moeilijk uit elkaar te houden. In box 2 schetst de raad een aantal voorbeelden van mogelijke gebeurtenissen of ontwikkelingen die in zijn visie de context bepalen waarbinnen de energietransitie in Nederland zich voltrekt en het tempo waarin de transitie plaatsvindt. De voorbeelden laten zien dat de onderlinge afhankelijkheden en onzekerheden naar het doel in 2050 groot zijn. Ze illustreren ook waarom de raad op het pad naar 2050 een adaptieve aanpak nodig acht om de harde en uitdagende doelstelling te halen.

Box 2 Mogelijke gebeurtenissen en ontwikkelingen en hun tegenhangers die de context en het tempo van de transitie kunnen bepalen

Gebeurtenissen en ontwikkelingen	Tegenhangers
Er komt uiteindelijk een klimaatakkoord dat de belangrijkste CO_2-emitterende landen bindende afspraken oplegt, inclusief China, India, Noord-Amerika en Europa	Er komt geen klimaatakkoord waardoor elk land eigen afwegingen maakt tussen het aanpakken van of aanpassen aan het klimaatprobleem.
Zon wordt de belangrijkste energiebron in veel landen. De doorbraak van het aandeel zonne-energie in de opwekking van elektriciteit verandert de vraag naar kolen radicaal en levert na 2040 een snelle daling op van de uitstoot van CO_2.	Zon wordt in veel landen niet de belangrijkste energiebron door het gebrek aan koopkracht van veel consumenten en de hoge kapitaalkosten voor ondernemingen.
De ambities van de Europese Energie-unie, inclusief het klimaatbeleid, worden gerealiseerd in alle lidstaten.	De Europese Energie-unie wordt niet gerealiseerd. De nationale invulling van energie- en klimaatbeleid veroorzaakt beleidsconcurrentie en leidt tot nieuwe grenzen voor energie in de EU.
CCS (Carbon Capture and Sequestration, of ondergrondse opslag van CO_2) komt na 2030 tegen concurrerende kosten beschikbaar en wordt maatschappelijk acceptabel waardoor het gebruik van fossiele brandstoffen past binnen een koolstofarme economie.	Ook na 2030 is CCS niet beschikbaar en wordt de rol voor fossiele brandstoffen significant kleiner.
De geopolitieke verhoudingen verbeteren sterk en importafhankelijkheid van allerlei brandstoffen is niet langer een punt in beleidsafwegingen.	De geopolitieke verhoudingen verslechteren sterk en het vertrouwen in de werking van internationale energiemarkten neemt af. De voorkeur voor binnenlands voortgebrachte energie neemt sterk toe.

Nieuwe (geïntegreerde) bedrijfsmodellen in energie zorgen ervoor dat de nadruk komt te liggen op het verkopen van comfort dat met allerlei gekoppelde energietechnologieën kan worden geleverd aan verschillende soorten klanten in de markt.	De markt van energietechnologieën raakt versnipperd en weet geen integratie tot stand te brengen, waardoor de overheid sterk moet (bij) sturen om een veilig, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem te kunnen blijven garanderen.
Opslag van elektriciteit komt ruim en betaalbaar beschikbaar voor decentraal georganiseerde energiesystemen en maakt schommelingen in de productie van hernieuwbare elektriciteit gemakkelijk op te vangen. Daardoor versnelt de elektrificatie van het energiesysteem.	Opslag van elektriciteit komt niet goedkoop en grootschalig beschikbaar waardoor het opvangen van schommelingen in de productie van hernieuwbare elektriciteit lastig blijft (en het aandeel van wind en zon beperkt).
Thoriumreactortechnologie breekt door en biedt een goedkope en betrouwbare bron van energie voor grote centrales in het energiesystemen.	Thoriumreactortechnologie komt niet beschikbaar en kernenergie verliest terrein. Er zijn dan minder mogelijkheden voor enkele grote elektriciteitscentrales in de energiesystemen.



3

VIER FUNDAMENTELE BEHOEFTEN AAN EN FUNCTIES VAN ENERGIE

Het uitgangspunt dat de raad voor zijn analyse heeft gekozen, is dat de totale energievraag voortkomt uit vier fundamentele maatschappelijke behoeften aan energie, die zowel nu als in 2050 bestaan. De raad kiest voor deze aanpak omdat dan onzekerheden over economische structuren, energiebronnen en energiedragers minder relevant worden en juist onderdeel worden van de uitkomst van de analyse. Dus door deze maatschappelijke functies van het energiegebruik te onderscheiden, komt de analyse los van de hedendaagse economische structuur en energievoorziening met de huidige koppeling tussen sectoren, energiedragers en energiebronnen.
Dit biedt de noodzakelijke ruimte voor nieuwe inzichten en oplossingen.
Om in die behoeften te voorzien, vervult energie vier functies (zie bijlage 3 voor een nadere toelichting en definiëring van de functionaliteiten).
De vier energiefunctionaliteiten en de maatschappelijke behoeften die ze vervullen, zijn:

1. De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water (voor bijvoorbeeld douchen en voedselbereiding). Kortweg: de functionaliteit lage temperatuurwarmte.
2. De functie hoge temperatuurwarmte voorziet in warmte voor het maken van producten en in hoge temperatuur proceswarmte. Kortweg: de functionaliteit hoge temperatuurwarmte.
3. De functie transport en mobiliteit voorziet in energie voor transport en mobiliteit. Kortweg: de functionaliteit transport en mobiliteit.
4. De functie licht en apparaten voorziet in energie voor verlichting, (elektrische) apparaten en informatie- en communicatietechnologie. Kortweg: de functionaliteit licht en apparaten.

3.1. Een kwantitatief beeld van de energievoorziening in 2050

Het is niet de bedoeling om de onzekere toekomst en alle mogelijk veranderingen ten opzichte van nu te vertalen naar een kwantitatief beeld van de Nederlandse energievoorziening voor 2050. Toch helpen cijfermatige beelden het voorstellingsvermogen. Met in het achterhoofd alle mitsen, maren en aannames die gepaard gaan met het gebruik van cijfers over een moment zo ver vooruit, kijkt de raad naar bestaande scenario's voor een mogelijk kwantitatief beeld over de energievoorziening in Nederland in 2050. De raad heeft als uitgangspunten voor deze cijfers gebruikgemaakt van het IEA ETP scenario (IEA, 2015) en het Energy (R)evolution Scenario (Greenpeace en EREC, 2013).[4] Op basis van deze scenario's zijn de energievraag en CO_2-emissies, opgesplitst per functie, voor het jaar 2050 berekend en in verband gebracht met het basisjaar 1990 (Warringa & Rooijers, 2015a).

Verder is een aantal terugkerende (en dus robuuste) elementen die voortkomen uit meta-analyses van scenariostudies in kwalitatieve zin in beeld gebracht (zie box 3). Deze robuuste elementen bieden meer houvast bij voorspellingen over de toekomstige energievoorziening en kunnen daarom behulpzaam zijn bij het maken van keuzes voor het Nederlandse beleid.

4 Er zijn vele energiescenario's voor 2050 beschikbaar. De raad heeft voor deze twee gedegen scenario's gekozen omdat ze gebouwd zijn op gegevens van het Internationale Energie Agentschap (IEA). Bovendien gaat het Energy (R)evolution scenario verder waardoor een zekere bandbreedte in de uitkomsten ontstaat.

Box 3 Terugkerende elementen in bestaande scenariostudies

Uit (meta)studies van diverse bestaande scenario's voor een CO_2-arme energievoorziening in 2050 blijkt dat een aantal elementen vaak voorkomt. Uit de geconsulteerde scenario- en metastudies* blijkt:

- Een CO_2-arme energievoorziening in 2050 is haalbaar en betaalbaar.
- Een forse inzet op het verbeteren van de energie-efficiëntie is nodig om de groei van de totale energievraag (en de kosten van verduurzaming daarvan) te beperken. Het energieverbruik blijft op lange termijn wel substantieel.
- Het aandeel hernieuwbare energie neemt sterk toe. Zowel energie uit wind, zon en biomassa zijn nodig. In de wereldenergievoorziening neemt daarnaast de vraag naar gas en/of kernenergie toe, ook in een CO_2-arm scenario. Het totale aandeel van fossiele energie – kolen, gas en olie – in de wereld neemt af.
- Elektriciteit speelt als energiedrager een grotere rol dan nu en heeft daardoor ook een groter aandeel in de energievoorziening.
- Elektriciteit zal in 2050 bijna geheel uit hernieuwbare bronnen opgewekt moeten worden. Daarmee gaat het aanbod van elektriciteit sterker schommelen: het wordt afhankelijker van (weers)omstandigheden ten opzichte van het aanbod van de huidige fossiele centrales. De elektriciteitsmarkt moet daarom een omslag maken naar een flexibeler systeem aan zowel de aanbod- als vraagkant met bijvoorbeeld flexibele opties als opslag van energie en vraagrespons en -sturing.
- Biomassa is beperkt beschikbaar (vanwege duurzaamheidscriteria) en zal daarom met name worden ingezet op plekken in de economie waar andere hernieuwbare bronnen relatief moeilijk zijn in te zetten (met name in de luchtvaart en zwaar transport over lange afstanden).
- Afhankelijk van de te realiseren besparing en energie-efficiëntie is meer kernenergie of CCS een onderdeel van een CO_2-arme energievoorziening.

* Bronnen: Knopf et al., 2013; TNO, Copernicus instituut en ECN, 2013; IEA 2014a, 2014b, 2015; Greenpeace en EREC, 2013

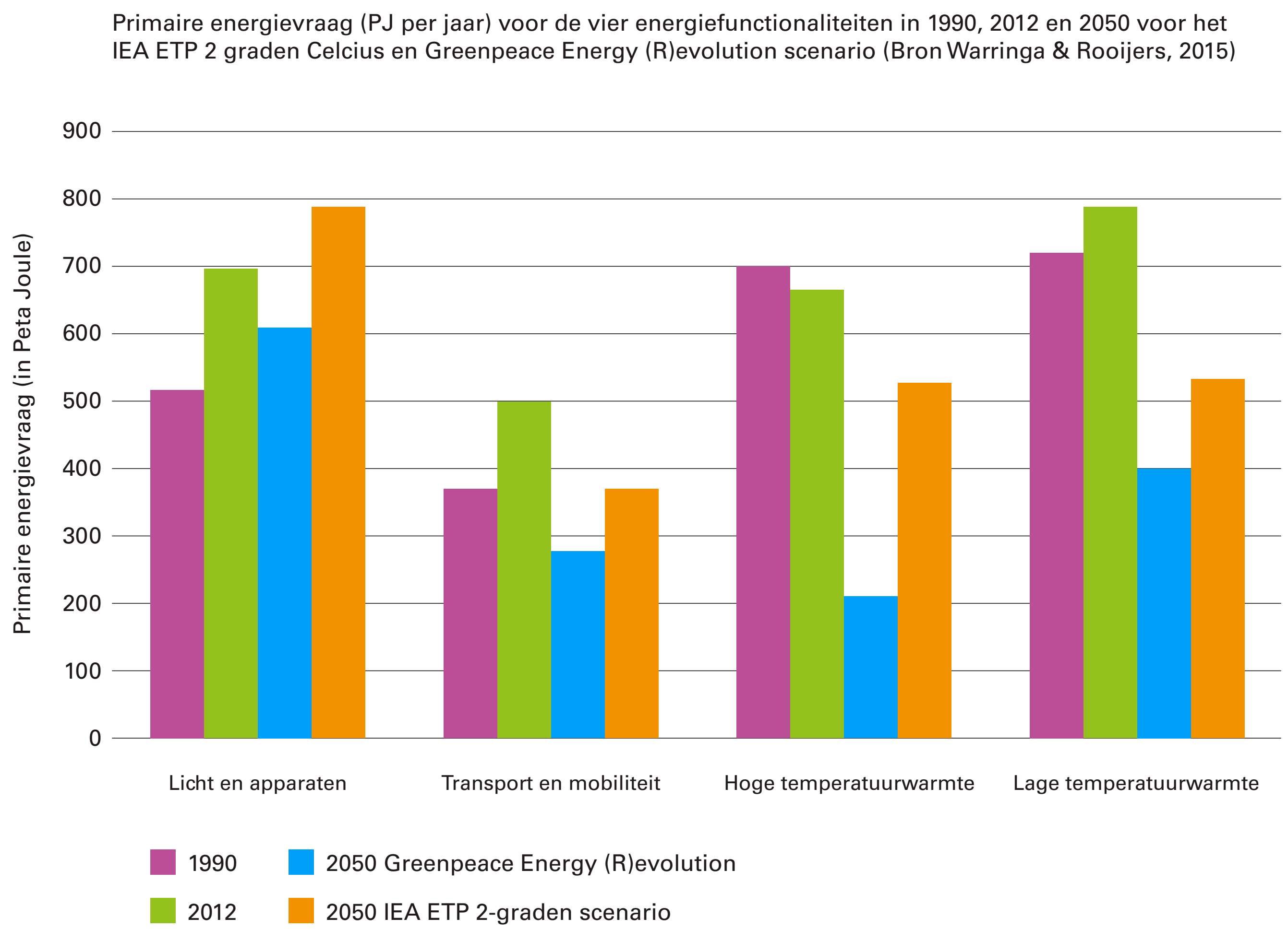
Bij een CO_2-reductie in de energievoorziening in Nederland in 2050 van 82% tot 102% ten opzichte van de emissies in de energievoorziening in 1990, blijft een CO_2-uitstoot mogelijk van 30 Mt tot 0 Mt per jaar voor de energiehuishouding (zie bijlage 3 voor een toelichting)[5]. Niet aan de energievoorziening gerelateerde broeikasgassen blijven in dit advies buiten beschouwing.

Op basis van berekeningen (Warringa & Rooijers, 2015a) waarin scenario's van IEA Energy Technology Perspectives (IEA, 2015) en Greenpeace Energy Revolution Scenario (Greenpeace en EREC, 2013) zijn gebruikt, is in opdracht van de raad een kwantitatief beeld ontwikkeld voor de vier energiefuncties in 2050. De cijfers voor primair energiegebruik en CO_2-emissies die uit deze berekeningen naar voren komen, zijn niet bedoeld en te gebruiken als absolute doelwaarde voor de energiefunctionaliteiten.

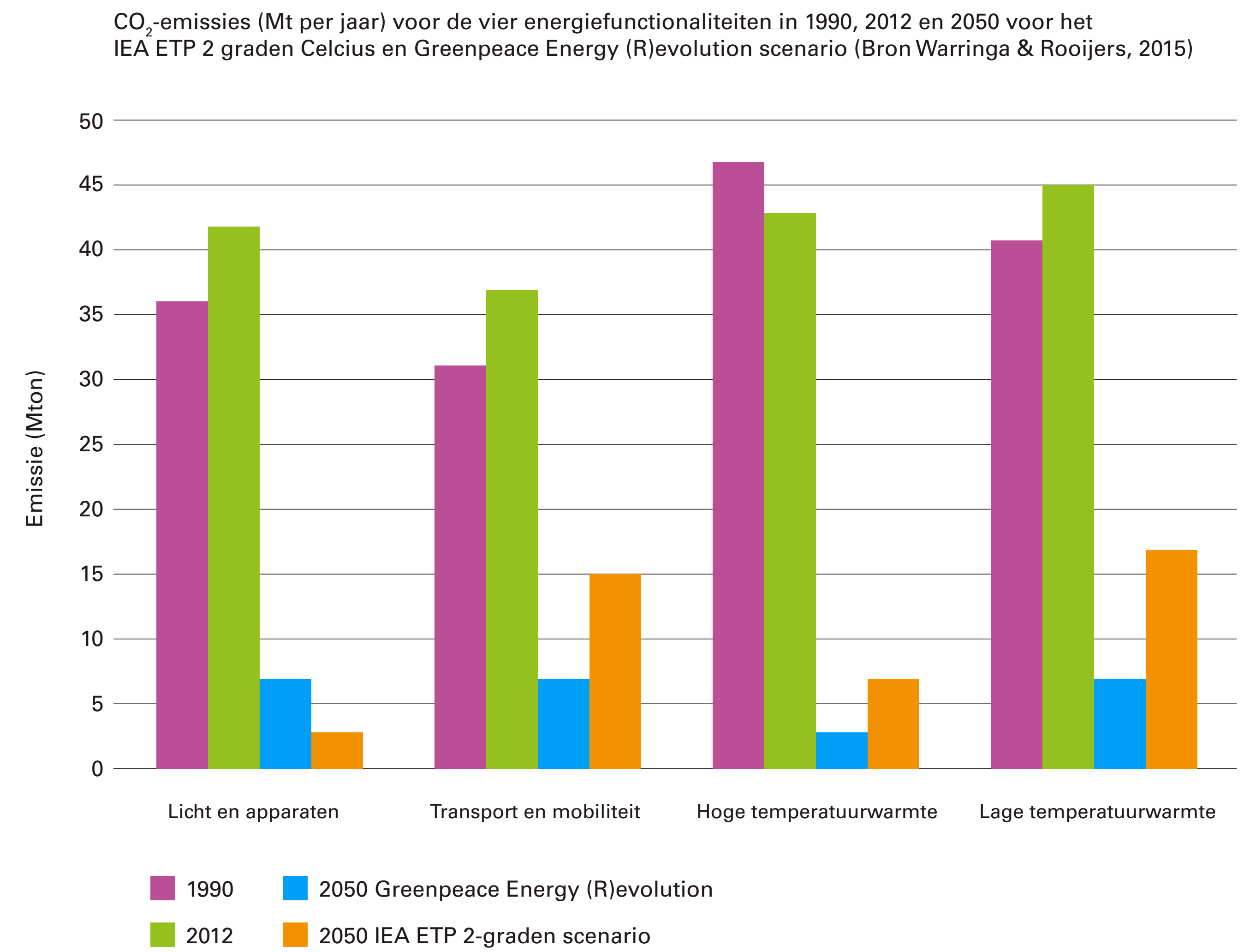
5 Een alternatief concept is dat van het koolstofbudget: uitgaan van de totale hoeveelheid CO_2 die nog over alle jaren heen mag worden geëmitteerd. De raad hanteert in dit advies het concept van de koolstofflux, een hoeveelheid CO_2 die per jaar geëmitteerd mag worden, omdat dit beter te operationaliseren en te instrumenteren is en beter aansluit bij de huidige beleidsdiscussies.

Zowel in de gebruikte scenario's zitten onzekerheden als in de omrekening naar de functionaliteiten. Figuur 2 en 3 illustreren de ordegrootte per functionaliteit voor 2050. Daarbij is per energiefunctie gekeken naar de energievraag en de CO_2-uitstoot. Uit deze berekeningen en de figuren blijkt dat er per functionaliteit een grote verduurzamingsopgave ligt en een grote energiebesparingsopgave. Omdat het Energy (R)evolution scenario uitgaat van een emissieruimte in 2050 van 24 Mt CO_2 en het naar Nederland toegerekende IEA ETP 2°C van 42 Mt CO_2, ontstaan bandbreedtes voor de emissieruimte per energiefunctionaliteit. Voor nadere duiding van de verschillen in de scenario's wordt verwezen naar Warringa en Rooijers (2015). De totale emissieruimte op basis van het in dit advies gestelde doel is maximaal 30 Mt CO_2 in 2050 (bij een 80%-reductie op nationaal niveau). Voor elke functionaliteit ligt de emissieruimte in 2050 waarschijnlijk ergens in de range.

Figuur 2: Primiare energievraag voor de vier functionaliteiten in 2012 en 2050 voor het IEA ETP 2 graden Celsius en Green Peace Energy (R)evolution scenario (op basis van berekeningen van Warringa & Rooijers 2015a).



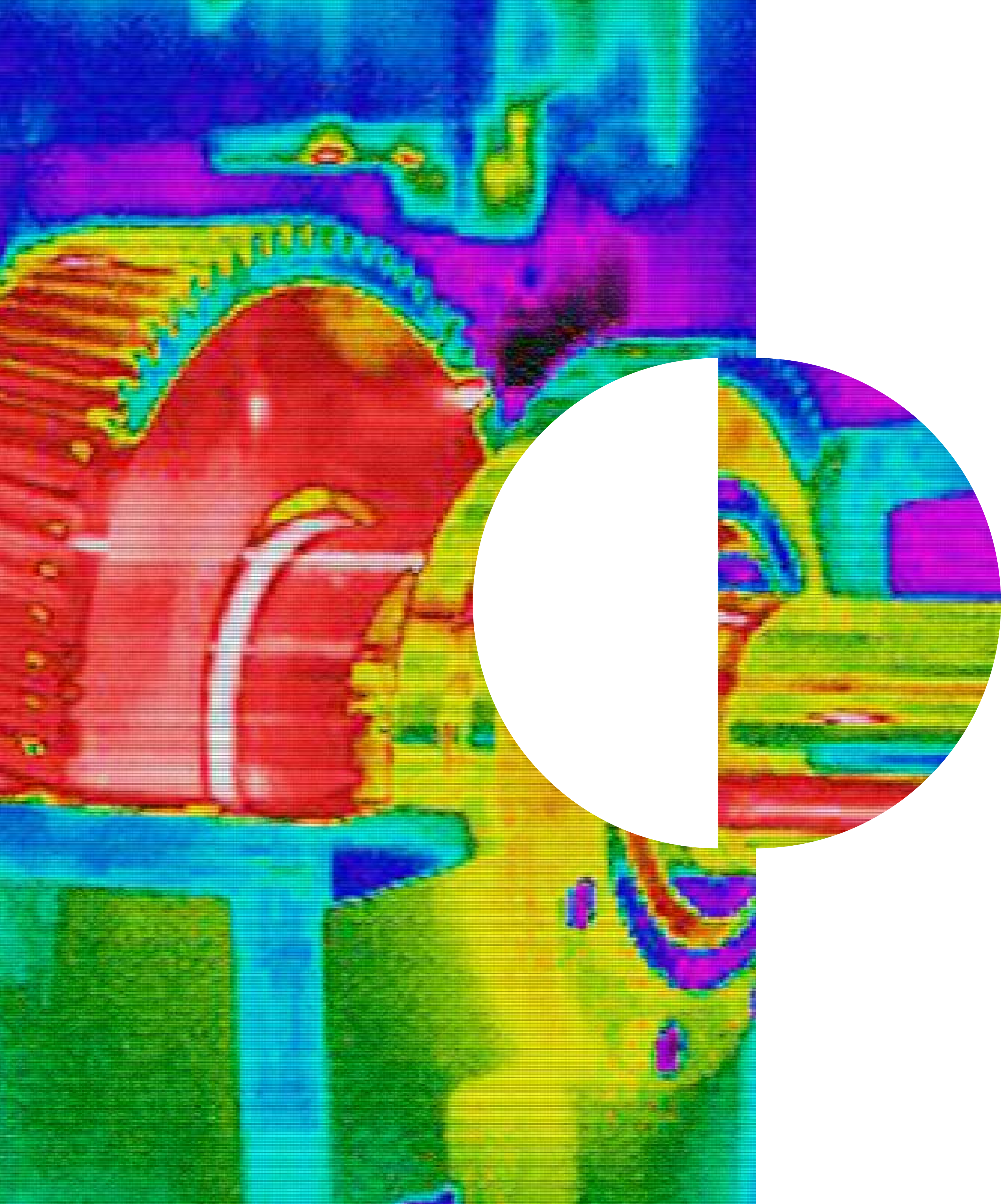
Figuur 3: CO_2-emissies voor de vier functionaliteiten in 2012 en 2050 voor het IEA ETP 2 graden Celsius en Green Peace Energy (R)evolution scenario (op basis van berekeningen van Warringa & Rooijers 2015a).



3.2. Hoe ziet de energievoorziening er in 2035 uit?

Gezien de enorme omvang van de opgave in combinatie met een doel voor 2050, wat ver weg lijkt, is het voor het in werking zetten van een daadkrachtig proces nodig om een beeld voor de middenlange termijn (2035) te schetsen.

In een tijdsbestek van twintig jaar kan en moet al veel veranderen. De energievoorziening bestaat in 2035 voor een groter deel dan nu uit schonere productiemiddelen en is deels nog gebaseerd op nu al bestaande technologie. Een aantal nieuwe technologieën is marktrijp en doorgebroken, maar er zijn ook technologieën die het, ondanks veelbelovende perspectieven, niet hebben gered. Rond 2035 is het duidelijker wat de huidige inzet op innovatie heeft opgeleverd en welke technologieën potentie hebben na 2035. Zonne-energie breekt door als een snel groeiende bron van energie en kan in dit tijdsbestek een aandeel van enkele procenten van de totale energievoorziening krijgen. Het aandeel in alleen de elektriciteitsvoorziening is natuurlijk veel groter. Ook van windenergie kan een aanzienlijke bijdrage verwacht worden. In Nederland zal gas in 2035 nog een belangrijke rol vervullen in de industrie en zorgen voor de lokale balans in stroom en verwarming. Wel neemt de totale vraag naar gas fors af door de inzet van andere energiebronnen en –dragers. De rol van gas verandert daardoor van basislast naar pieklast (voor uitleg zie begrippenlijst).



4

TRANSITIEOPGAVE

De transitie naar een duurzame energievoorziening is zo veelomvattend en fundamenteel dat veranderingen op systeemniveau nodig zijn: in de productie, in de infrastructuur en in het gebruik van energie. Dergelijke veranderingen gaan met schokken en onregelmatigheden gepaard. Gedurende een lange periode moeten 'oud' en 'nieuw' naast en met elkaar functioneren. Het is een complexe opgave, maar het kan.

4.1. Periodes en golven

Om het complexe transitievraagstuk te kunnen ontleden, gaat de raad uit van de vier eerder genoemde energiefunctionaliteiten in combinatie met een indeling in twee periodes. De eerste periode loopt van nu tot 2035 – met daarin het energieakkoord tot 2020/2023, de doelen van de EU voor 2020 en 2030 en de bijbehorende beleids- en implementatieprocessen. Het jaar 2035 geeft nog enige bijsturingsruimte voor de EU-2030 doelen. De tweede periode loopt van 2035 tot 2050. Natuurlijk is de energietransitie in 2050 'niet af'. Verder is voor dit advies de analyse bruikbaar van Lester en Hart van de drie golven van innovatie (box 4). Op deze manier ontstaat een grofmazige indeling die de mogelijkheid biedt om op hoofdlijnen aan te geven hoe, in de tijd bezien, de transitie per functionaliteit kan verlopen.

Box 4 Drie golven van innovatie

Lester en Hart (2012) schetsen op basis van een uitgebreide casestudie in de VS drie golven van innovatie:

1. Energiebesparing, verbetering van energie-efficiëntie en verbetering van de mogelijkheden en kosten voor de inzet van duurzame technologie;
2. Uitrol van bestaande technologieën en de incrementele verbetering in efficiency hiervan;
3. Implementatie op termijn van radicaal nieuwe technologieën waarvan de ontwikkeling lang duurt en daarom op tijd moet worden gestart.

4.2. Een transitieaanpak per functionaliteit

Per functionaliteit of per onderdeel daarbinnen verschilt de transitieaanpak, bijvoorbeeld omdat de daarvoor benodigde technieken wel of niet beschikbaar zijn, investeringen wel of niet rendabel zijn of omdat de mate verschilt waarin internationale samenwerking noodzakelijk is.

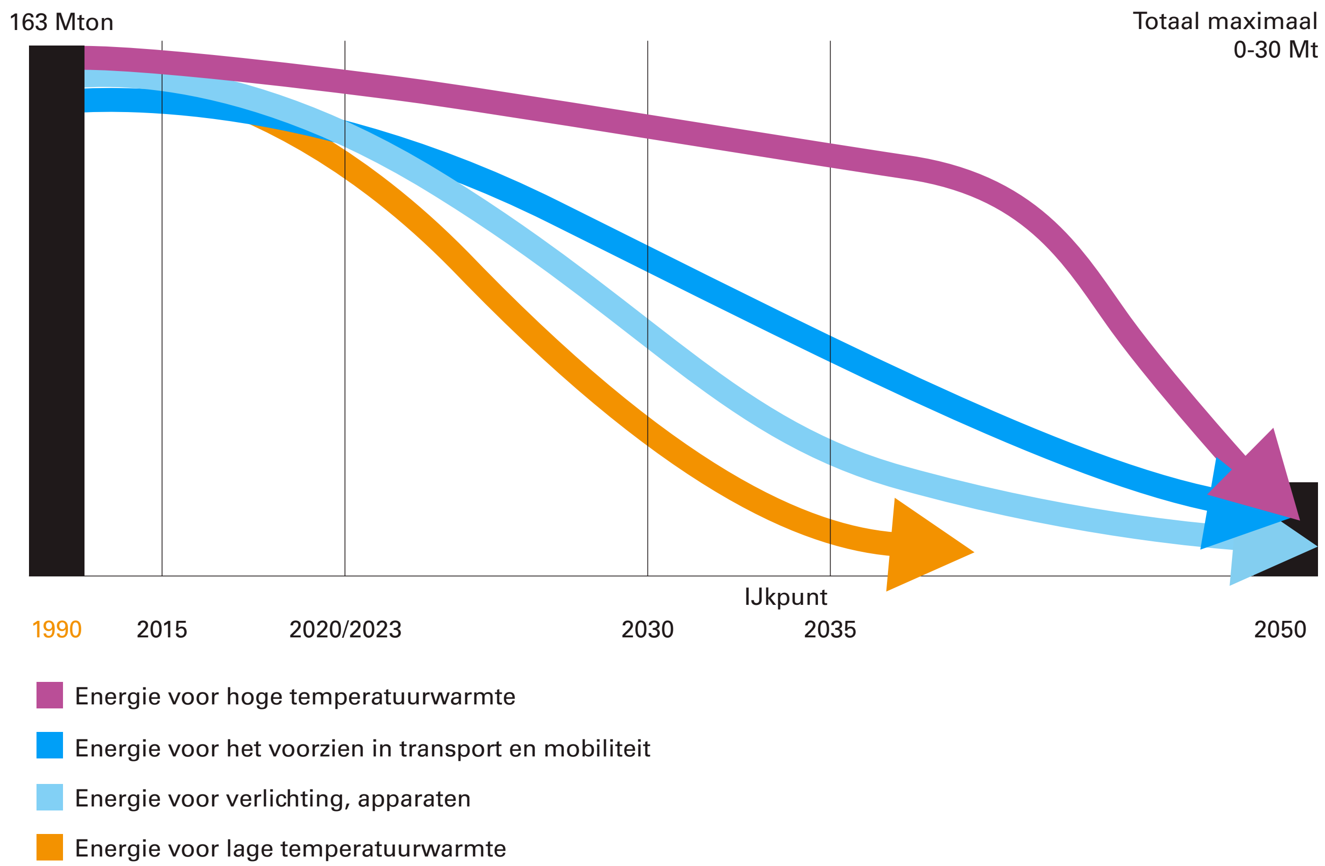
Wat de transities van de vier functionaliteiten gemeen hebben, is dat in de eerste periode van energiebesparing en verbetering van de energie-efficiëntie een grote slag gemaakt moet worden. Tegelijkertijd moet in de eerste periode vol ingezet worden op het ontwikkelen van nieuwe technologieën die in latere periodes uitgerold kunnen worden. Dit houdt in: bestaande technologieën efficiënter en goedkoper maken en nieuwe technologieën ontwikkelen voor grootschaliger toepassing later in de tijd. Deze ontwikkelingen verlopen niet-lineair: ook met onderlinge verknopingen in de innovaties en incrementeel naar elkaar evoluerende

technologieën (bijvoorbeeld voor auto's: benzinemotor > hybride > plug-in hybride > full electric). In deze eerste fase spelen ook de concrete Europese afspraken voor 2020 en 2030 een belangrijke rol, met daarin ook doelstellingen voor hernieuwbare energie en energiebesparing.

In alle periodes speelt innovatie een belangrijke rol, maar die is niet bij alle energiefunctionaliteiten even radicaal. Voor de lage temperatuurwarmte zit de opgave vooral in sociale innovaties en innovaties in processen en leren door doen, terwijl voor hoge temperatuurwarmte fundamentele technische innovaties nodig zijn. Ook bestaan er enkele volgordelijke voorwaarden. Het leveren van warmte aan huishoudens, bijvoorbeeld, veronderstelt infrastructuur die de warmte in de gewenste vorm kan leveren. De benodigde innovaties zijn niet alleen technisch van aard, maar ook economisch, politiek (sturing) en sociaal (gedragsmatig). Verschillende vormen van innovatie samen maken het mogelijk om voortgang te blijven boeken.

Figuur 4 laat op hoofdlijnen zien hoe de energietransitie er in termen van CO_2-resultaat er per functionaliteit uit zou kunnen zien. Met name voor de functionaliteit lage temperatuurwarmte moet en kan snelheid gemaakt worden. De benodigde transitie vindt voor het grootste deel in de periode tot 2035 plaats. Voor de transitie voor de hoge temperatuurwarmte bijvoorbeeld, moeten ook in de periode van 2035 tot 2050 nog flinke stappen gezet worden terwijl de benodigde technologie nu al ontwikkeld of doorontwikkeld moet worden.

Figuur 4: Transitieopgave per functie van energie (buigpunten in de pijlen zijn indicatief).





5

DE RAAD ADVISEERT MINIMALE RANDVOORWAARDEN VOOR TRANSITIE

De raad constateert dat trendbreuken noodzakelijk zijn om het door het kabinet gestelde doel te bereiken: een volledig duurzame energievoorziening in Nederland in 2050. De adviezen in dit hoofdstuk benoemen minimaal noodzakelijke randvoorwaarden voor het bereiken van dat einddoel. Door aan deze minimale randvoorwaarden te voldoen, kan de benodigde transitie worden gestimuleerd.

Het is expliciet de rol van de overheid om de juiste voorwaarden voor de energietransitie te creëren en te bewaken. De overheid dient duidelijkheid te scheppen over het speelveld en over de spelregels. Vele partijen – overheden, particulieren, marktpartijen, maatschappelijke organisaties – moeten vervolgens invulling geven aan de omslag naar een duurzame energievoorziening.

In voorgaande hoofdstukken zijn de uitgangspunten en het denkkader toegelicht die de raad heeft gebruikt voor zijn adviezen. In dit hoofdstuk benoemt de raad acht concrete adviezen aan het kabinet in de vorm van noodzakelijke randvoorwaarden voor het bereiken van een volledig duurzame energievoorziening in 2050. In de hoofdstukken 6, 7 en 8 worden deze adviezen verder uitgewerkt: de transitieopgave per energiefunctionaliteit, de beleidsopgaven die de indeling in energiefunctionaliteiten overstijgen en ten slotte de sturing.

Advies 1. Leg het CO_2-reductiedoel van 80% tot 95% in 2050 (ten opzichte van 1990) voor Nederland in een wet vast

De raad adviseert het nationale doel van 80% tot 95% broeikasgasemissiereductie ten opzichte van 1990 vast te leggen in een wet. Op basis van zo’n wet kan verdere uitwerking naar periodes en sectoren plaatsvinden en kan worden vastgelegd hoe sturing plaatsvindt (zie daarvoor hoofdstuk 8). Een vertaling naar de Nederlandse energievoorziening betekent dat die in 2050 0 tot maximaal 30 Mt CO_2-emissie mag voortbrengen. Politieke borging van het energietransitiebeleid moet worden versterkt door het periodiek op te stellen Energierapport te laten bekrachtigen door het parlement.

Gelet op de urgentie van het klimaatprobleem zou borging in de grondwet op zijn plaats zijn. Echter, omdat het aanpassen van de grondwet een langdurig proces is, en er geen tijd te verliezen is, adviseert de raad die route niet te volgen. Vanwege de vele onzekerheden op weg naar 2050 en de maatschappelijke impact van de gewenste veranderingen, is een solide politiek en bestuurlijk draagvlak voor de energietransitie wel onontbeerlijk. Zonder dat komt er geen beleid dat consistent is op de lange termijn en komen de noodzakelijke investeringen ook niet van de grond. Een breed politiek draagvlak voorkomt dat het transitieproces strandt in tegengestelde belangen en in weerstand tegen verandering.

De aanpak in buurlanden als Denemarken, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk kan als inspiratie dienen. Deze landen hebben langetermijndoelen vastgelegd, waarbij ze ambitieuze klimaatdoelen geïntegreerd hebben in het energiebeleid.

Advies 2. Stuur actief en adaptief op het CO_2-reductiedoel in 2050

Door een hard CO_2-emissiedoel te stellen, ontstaat een duidelijke en eenduidige richting naar 2050. De overheid stelt per energiefunctionaliteit herkenbare, taakstellende tussendoelen vast in samenspraak met maatschappelijke partijen. Deze overeengekomen tussendoelen zijn nadrukkelijk niet vrijblijvend. Na elke periode worden de tussendoelen voor de resterende periode(s) nogmaals bekrachtigd – en waar nodig aangescherpt - zodat het einddoel daadwerkelijk wordt behaald. Als tussendoelen niet worden gehaald, moet de overheid dwingende maatregelen nemen. Wanneer nieuwe mogelijkheden of obstakels ontstaan, moet de koers daar zo nodig op worden aangepast, altijd met behoud van het einddoel. Op deze wijze wordt ook verzekerd dat de betrouwbaarheid, betaalbaarheid en veiligheid van de energievoorziening geborgd zijn gedurende het transitieproces. De raad pleit voor een regeringscommissaris. Deze sturingsaanpak wordt uitgewerkt in hoofdstuk 8.

Advies 3. Toon daadkracht, verhoog de snelheid van CO_2-reductie in Nederland

De raad is van mening dat het tempo van CO_2-reductie omhoog moet om de doelstelling in 2050 te halen. De snelheid moet worden opgevoerd en er moet direct worden begonnen op die terreinen waarop Nederland zelfstandig kan handelen, en haar internationale concurrentiepositie er geen schade door ondervindt en waarop de technologie voorhanden is. Dit houdt striktere regels en doelgerichtere stimulering in voor de verduurzaming. Dit geldt bijvoorbeeld voor de lage temperatuurwarmte. De raad adviseert de gebouwde omgeving voor 2035 energieneutraal te maken. Dit is een aanzienlijke versnelling ten opzicht van het huidige beleid. Ook voor delen van het transport en vervoer in Nederland is versnelling op zijn plaats via bijvoorbeeld fiscaal beleid en milieuzonering.

Advies 4. Sluit regionale coalities in Europa als EU-brede afspraken niet snel genoeg tot stand komen

Nederland gaat een inspanningsverplichting aan om - samen met onder meer bedrijven, overheden, netbeheerders en toezichthouders - voor internationale sectoren bindende afspraken te maken, liefst op mondiaal niveau of anders op EU-niveau[6] en als dat niet lukt met een kopgroep van Europese landen[7].

Omdat de Nederlandse economie in internationaal perspectief relatief energie-intensief is en bovendien grotendeels op fossiele energie gebaseerd is, zal de benodigde energietransitie naar een CO_2-emissiearme energievoorziening juist in Nederland leiden tot relatief grote veranderingen. Het doel van CO_2-reductie staat echter voorop, ook al leidt dat in Nederland tot grote economische en maatschappelijke veranderingen, tot (her-) verdelingsvraagstukken of tot grote kosten van verandering. Dit mag op zich voor Nederland geen argument (meer) zijn om terughoudend te zijn in het doorzetten van de energietransitie. Een nationale ‘alleingang’ voor internationale sectoren heeft geen zin omdat bedrijven of bedrijvigheid zich dan verplaatsen naar buiten Nederland waardoor de CO_2-emissies op mondiale schaal niet afnemen.

6 Deze regionale aanpak wordt in toenemende mate ondersteund door de Europese Commissie, zie bijvoorbeeld (Boot, 2014).
7 Het pentalateraal overleg over de elektriciteitsmarkt is een voorbeeld van deze aanpak. Dit overleg is gestart als initiatief van vijf landen (Benelux, FR, DU) en is inmiddels uitgebreid tot 7 (AU, CH).

Advies 5. Borg de innovatieve kansen van flexibilisering in de energiemarkt

De uitdaging om iedereen op elk moment over de gewenste hoeveelheid en vorm van duurzame energie te kunnen laten beschikken, biedt nadrukkelijk ook economische kansen. Die kansen liggen onder andere op het gebied van conversie (omzetten van energiedragers: bijvoorbeeld van elektriciteit naar gas 'power-to-gas', of van elektriciteit naar warmte 'power-to-heat'), transport (slimme netten), vraagsturing en aan energie gerelateerde dienstverlening (ICT). Door de goede fysieke infrastructuur, geografische ligging, handelsgeest en kennisbasis is de 'startpositie' van Nederland gunstig en benut Nederland kansen.

De toename van duurzame en meer decentrale energieopties leidt tot een steeds fluctuerender aanbod van energie en een steeds fluctuerender vraag. De eerstkomende jaren vangt het huidige marktsysteem en de huidige energie-infrastructuur die toenemende variëteit op[8]. Om de leveringszekerheid ook na de eerste jaren te behouden, is de ontwikkeling van een vergaand geïntegreerd en vooral flexibel energiesysteem nodig. Dit systeem kenmerkt zich door flexibel inzetbare productiecapaciteit, conversie- en opslagfaciliteiten, en een flexibeler energievraag van consumenten en bedrijven. Om meer flexibiliteit in het systeem te brengen, kan de overheid door aanpassing van nettarieven en fiscale tarieven zorgen voor betere (prijs)prikkels aan zowel aanbod- als vraagzijde. Zie paragraaf 7.3 voor een nadere duiding van beleidsopgave voor dit aspect.

Advies 6. Zet opgavengestuurde langjarige en grootschalige innovatieprogramma's op

De raad acht opgavengestuurde grootschalige en langdurige innovatieprogramma's met een internationale oriëntatie van doorslaggevend belang om het halen van het einddoel met een hoogst mogelijke kwaliteit te borgen.

Innovatie is noodzakelijk voor het halen van de doelstelling in 2050 op een kosteneffectieve manier. De aard van de innovatie-opgave per functionaliteit verschilt. Bijvoorbeeld, voor lage temperatuurwarmte zijn technieken beschikbaar en zit de vernieuwing vooral in processen en op het sociale vlak. Voor hoge temperatuurwarmte zijn meer fundamentele technische innovaties nodig in productieprocessen. De opgave van het innovatieprogramma kan bijvoorbeeld luiden: ontwikkel technieken waarbij de productie van een bepaald materiaal met maximaal GJ/ton plaatsvindt.

Innovatie biedt bedrijven ook concurrentievoordelen, schept werkgelegenheid en vergroot het exportpotentieel. De vraag naar producten en diensten die inspelen op de omslag naar een duurzame economie, neemt wereldwijd alleen maar toe. Een structurele verhoging van de inzet van bedrijven en van de beschikbare subsidies van de overheid is nodig om ervoor te zorgen dat ook in de toekomst voldoende betaalbare technologieën beschikbaar zijn. Een gericht innovatieprogramma per functionaliteit en opgezet door bedrijven, wetenschap en overheid is noodzakelijk.

8 Zie bijvoorbeeld de capaciteitsdocumenten van TenneT.

Fundamenteel onderzoek is onderdeel van deze taakstellende langjarige innovatie-programma's. Bovendien is samenwerking met andere landen essentieel om elders ontwikkelde kennis voor Nederland beschikbaar te maken. Zie voor een verdere uitwerking van de beleidsopgaven paragraaf 7.1.

Advies 7. Onderken de sociale innovatiekracht en de impact van lokale initiatieven en ondersteun deze maximaal

De energietransitie staat of valt bij brede maatschappelijke steun. De steun wordt groter wanneer enthousiaste en actieve burgers en ondernemers zelf mee kunnen doen en ruimte en mogelijkheden krijgen voor eigen energieproductie of gezamenlijke besparingsacties. Hiermee wordt niet alleen een bijdrage geleverd aan CO_2-reductie, maar er ontstaat ook een voorhoede die een bredere beweging op gang helpt. Het delen van best practices is een middel om deze eigen initiatieven te stimuleren en te steunen.

Een belangrijke toegevoegde waarde van lokale projecten is dat het de energietransitie tastbaar maakt en mensen direct bij het onderwerp betrekt. Belemmeringen in regelgeving, financiering of uitvoering dienen te worden weggenomen. Het zelf opwekken van energie door burgers moet structureel financieel aantrekkelijk zijn. Daarbij moet ingecalculeerd worden dat de effecten op het energiesysteem (balanceren van vraag en aanbod, capaciteit van het net) tot uitdrukking moet komen in de kosten. Zie paragraaf 7.3 voor samenhangende beleidsopgaven.

Advies 8. Organiseer gezamenlijke verantwoordelijkheid en spreek partijen hierop aan

De huidige aanpak van de energietransitie voldoet niet. Een nieuwe vorm van sturing is noodzakelijk om voor een trendbreuk te zorgen en een versnelling in te zetten, en tegelijkertijd adaptief te sturen op het harde CO_2-doel in 2050. De kern van deze sturing is een gedifferentieerde aanpak voor de vier verschillende energiefunctionaliteiten, samen met betrokken partijen. Het sturingsprincipe dat de raad voor de energietransitie aanbeveelt heeft vier stappen: einddoel vastleggen, tussendoelen vastleggen per functionaliteit, taakstellende afspraken en arrangementen maken per functionaliteit en met verantwoordelijken (zoals uitstoters van CO_2 en consumenten). Het opleggen van een steeds dwingender regime van stimulering en regelgeving wanneer afgesproken (tussen)doelstellingen zonder aanvaardbare oorzaak niet worden gerealiseerd, is een essentieel onderdeel hiervan. Het perspectief op dwingende maatregelen moet nadrukkelijk vanaf het begin aanwezig zijn. Alleen zo kan in gezamenlijke verantwoordelijkheid tot grote stappen gekomen worden. Dit alles moet begeleid worden door onafhankelijke monitoring van en toezicht op de afgesproken transitiepaden. Voor al deze stappen geldt dat de aanpak per energiefunctionaliteit sterk verschilt.

Voor de lage temperatuurwarmte liggen de gezamenlijke verantwoordelijkheden bijvoorbeeld bij zowel burgers, netwerkbedrijven als overheden. Bij hoge temperatuurwarmte liggen de verantwoordelijkheden vooral bij industriepartners, (inter)nationale spelers, en bij de overheid als het gaat om de kennisinfrastructuur en politieke inzet in internationale fora.

Voor de functionaliteit transport en mobiliteit ligt de verantwoordelijkheid voor de verduurzaming van het energiegebruik deels binnen Nederland (bijvoorbeeld bij partijen van de brandstofvisie van de SER) en deels daarbuiten (EU en mondiaal). Voor energie voor licht en apparaten (bijna geheel elektriciteit) ligt de verantwoordelijkheid bij consumenten, midden- en kleinbedrijf en elektriciteitsproducenten. Zie ook de uitwerking over sturing per functionaliteit in hoofdstuk 6 en hoofdstuk 8.

Advies 9. Zorg voor juiste prijzen en aanpassing van het belastingstelsel

Om maatschappelijke krachten te richten op het CO_2-doel van de energietransitie, moeten de prijzen dit doel ondersteunen. Daarvoor moeten CO_2-emissies een prijs krijgen. Ook moeten maatschappelijke kosten die voortkomen uit bijvoorbeeld leveringszekerheid, flexibiliteit en stabiliteit van het systeem in energieprijzen verwerkt worden.

Op Europees en mondiaal niveau is beprijzen via de CO_2 –handelsprijs (via het Europese systeem voor emissiehandel voor broeikasgassen, EU ETS) in principe een goede weg. Tot nu toe is de prijs van CO_2-emissierechten echter zo laag gebleven dat er onvoldoende economische prikkels vanuit gaan om sterke reductiemaatregelen te nemen. Op dit moment is het niet zeker of de herziening van het EU ETS voor de periode 2020 tot 2030 een voldoende hoge CO_2-prijs zal opleveren om de gewenste energietransitie op gang te brengen. Indien de prijs onvoldoende het einddoel ondersteunt, adviseert de raad dat Nederland het systeem ter discussie stelt of minstens pleit voor sterke verkleining van de totale emissieruimte (een lager emissieplafond). Een weeffout in het systeem voor emissiehandel is dat de met – gesubsidieerde - hernieuwbare energie gerealiseerde CO_2-emissie nu niet automatisch wordt afgetrokken van het totaal aan rechten dat verhandeld wordt. Zo hebben extra wind- en zonne-energie nu bijvoorbeeld een prijsdrukkend effect waardoor ze in het totale systeem niet tot CO_2-reductie leiden. Ook kan het aantal uitzonderingen voor sectoren binnen het EU ETS verminderd worden. Dit kan met gelijkgestemde (Noordwest-) Europese landen. De Europese Energie-unie biedt ruimte voor regionale samenwerking.

In het kader van de gewenste herziening van het totale belastingstelsel, moet Nederland de aan energie gerelateerde belastingen vergroenen en enten op CO_2-emissie. Een herziening van de tariefstructuur van de energiebelasting (EB) en de vrijstelling voor grootverbruikers is daar een onderdeel van. Aanpassing moet zorgen voor extra prikkels voor CO_2-reductie, waarmee investeringen in energiebesparing en duurzame energie voor burgers en bedrijven aantrekkelijker worden. De fiscale aanpak dient bewust af te zien van inhoudelijke sturing op het soort te nemen maatregelen of op de keuze van een bepaalde technologie. Dat Nederland Europees gezien koploper is met 10% opbrengsten uit groene belastingen in de totale belastingopbrengst (Vollebergh, 2014), is geen argument niet verder te vergroenen. Het gaat om het effect op CO_2-reductie.

Advies 10. Organiseer voldoende financiële middelen voor de energietransitie

Om de energietransitie te realiseren zijn grote publieke en private investeringen nodig. De raad adviseert de overheid explicieter te doordenken

hoe langjarig om te gaan met de aan energie gerelateerde opbrengsten voor de rijksbegroting. De afnemende opbrengsten uit de winning van aardgas worden al meegenomen in de meerjarenramingen voor de begroting. Extra financiële voorzieningen zijn nodig indien versneld op aardgaswinning wordt afgeschreven of indien – een deel van de – opbrengsten in een energietransitiefonds geplaatst worden. Als gevolg van de verdergaande vergroening van aan energie gerelateerde belastingen op CO_2-emissiebasis, nemen in eerste instantie de opbrengsten mogelijk toe, maar naarmate de transitie vordert nemen die af.

Op het gebied van private financiering van energieprojecten spelen complexe vraagstukken. In SER-verband wordt met betrokken partijen verkend wat voor arrangementen kunnen helpen. Paragraaf 7.4 gaat nader in op een aantal beleidsvraagstukken rond financiering.



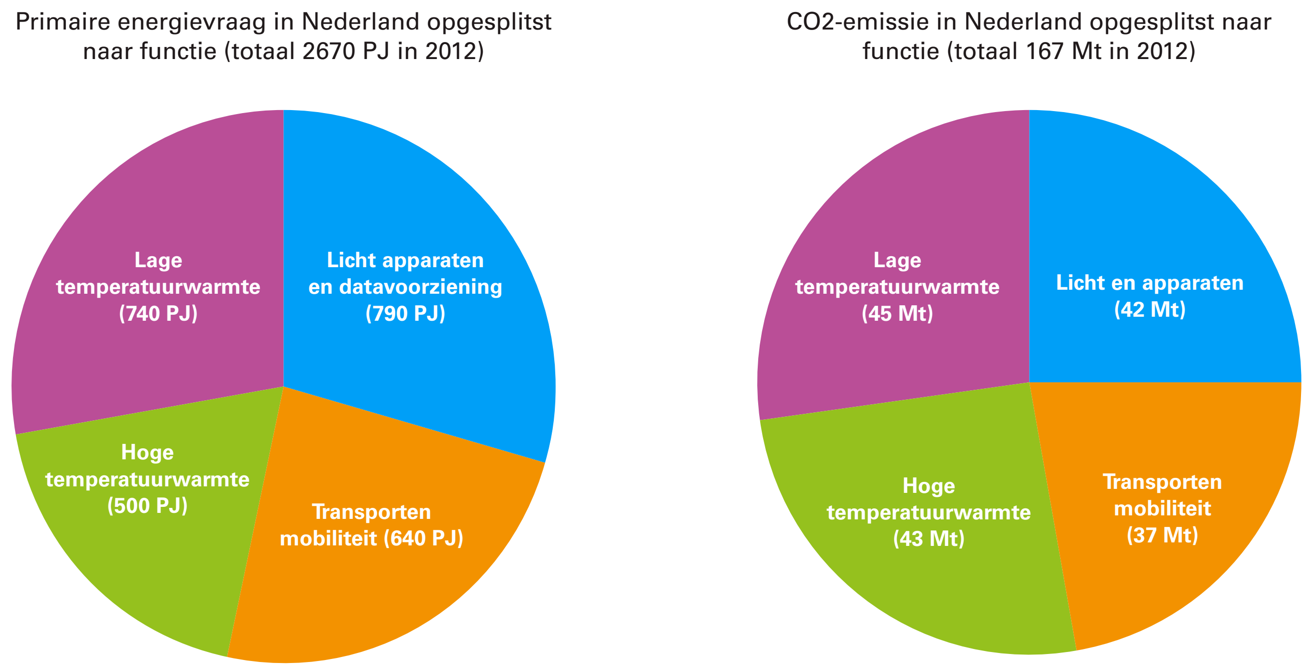
6

UITWERKING TRANSITIEPADEN PER FUNCTIONALITEIT

In dit hoofdstuk worden de adviezen over de noodzakelijke randvoorwaarden voor de energietransitie uitgewerkt langs de vier energiefunctionaliteiten. Figuur 4 illustreert de omvang van de vier functionaliteiten in 2012 in termen van primair energiegebruik en CO_2-emissies.

In hoofdstuk 7 worden in aanvulling hierop de belangrijkste beleidsopgaven behandeld die voor alle energiefunctionaliteiten gelden (doorsnijdende opgaven). Het gaat om beleidsvraagstukken rond: innovatie, ruimtelijke inpassing, ordening van de energiemarkt, financiering, gedrag, draagvlak en de productiekant van een CO_2-arme energievoorziening.

Figuur 4: De primaire energievraag (in PJ) en CO_2-emissies (in Mt) voor de vier energiefuncties in Nederland in 2012



6.1. Energie voor lage temperatuurwarmte

Wat is de transitieopgave?

Het energieverbruik voor de lage temperatuurwarmte - ruimteverwarming, tapwater - vindt plaats in de bebouwde omgeving, de glastuinbouw en voor een beperkt deel in de industrie. Een gedetailleerde uitsplitsing staat in bijlage 3.

De transitieopgave is om de lage temperatuurwarmte in 2050 te realiseren binnen een CO_2-budget van 7-17 Mt (Warringa & Rooijers, 2015a) en veel minder te baseren op aardgas. De energiebehoefte voor de lage temperatuurvoorziening kan in 2050 ingevuld worden door gasvormige duurzame energiedragers, warmtenetten en elektriciteit in combinatie met warmtepompen en een resterend deel aardgas. Veel van de technologieën daarvoor zijn nu reeds beschikbaar. Geïntegreerde oplossingen voor besparingen, zonnepanelen en duurzame lage temperatuurwarmte zijn nodig om ook in de bestaande bouw te verduurzamen (Tigchelaar en Leidelmeijer, ECN, 2013; IEA, 2013a; IEA, 2013b). Voor lage temperatuurwarmte speelt internationale concurrentie praktisch geen rol (behalve in de glastuinbouw en deels in de industrie). Daardoor kan Nederland beleidsmatig zelfstandig opereren.

De raad adviseert de lage temperatuurwarmte voor de bebouwde omgeving zo snel mogelijk te verduurzamen, zodat al in 2035 sprake is van een CO_2-arme lage temperatuurwarmte. Daarbij moet steeds een afweging gemaakt worden tussen de kosten van de verschillende

oplossingen in een bepaald gebied, bepaalde stad of bepaalde regio. In de transitie is coördinatie nodig tussen de verschillende belanghebbenden en bovendien moeten de juiste randvoorwaarden gecreëerd worden om een succesvolle omschakeling te kunnen maken. Deze voorwaarden verschillen tussen besparen en verduurzamen, en worden hieronder uitgewerkt. Dat is vooral belangrijk omdat de bestaande systemen beschikbaar moeten blijven zolang de omschakeling in een gebied niet is voltooid.

Hoe

De optimale balans tussen energiebesparing en (geïntegreerde) duurzame invulling van de resterende energievraag, verschilt per regio, gemeente of wijk[9]. Bovendien verschillen op die niveaus ook de mogelijkheden voor een duurzame invulling van de resterende warmtevraag, net als de optimale balans tussen de verschillende energiedragers, (eventueel) de bijbehorende infrastructuur en voor de kosten. Daarbij moet rekening gehouden worden met de toenemende mogelijkheden van de conversie van elektriciteit in gassen (waterstof, bijvoorbeeld) en vice versa, zodat bijvoorbeeld zonne- en windenergie[10] voor verschillende functionaliteiten gebruikt kunnen worden. De mogelijkheid om grotere energiesysteemintegratie te realiseren, moet worden meegewogen in de systeemkeuzes. Dat neemt niet weg dat afschrijvingstermijnen voor bestaande infrastructuur moeten worden aangepast aan de beoogde veranderingen. Kortere afschrijvingstermijnen voor infrastructuur vergroten de adaptiviteit van het systeem.

Besparen

Het technisch besparingspotentieel wordt geschat op 260 PJ voor lage temperatuurwarmte (Schepers & Aarnink, 2014). Burgers en bedrijven hebben overigens veel rendabele besparingsmaatregelen nog niet genomen. In het Energieakkoord zijn afspraken gemaakt over doelen die de transitie naar een koolstofarme energievoorziening in 2035 ondersteunen, bijvoorbeeld de doelstelling dat in 2030 alle bestaande woningen en utiliteitsgebouwen ten minste gemiddeld energielabel A hebben. Een doelgroepenbenadering waarbij woningeigenaren, huurders, verhuurders, utiliteitsgebouwen, glastuinbouw elk anders benaderd worden, vindt de raad zinvol. De tot nu toe gemaakte afspraken zijn echter niet voldoende voor het ambitieuze doel dat de raad adviseert. Het tempo van de energiebesparing moet fors omhoog. Een energiebelasting, een hogere belasting op gas, kan een stevige prikkel tot besparing zijn. Dit leidt tot kortere terugverdientijden van energiebesparende maatregelen. Mocht een verhoging van de belasting op gas voor onvoldoende prikkels blijken te zorgen, dan komen verplichtende maatregelen aan de orde (op bijvoorbeeld woningmutatiemomenten als verhuizen of verbouwen).

Verduurzamen resterende vraag

De warmtevoorziening voor de bebouwde omgeving wordt dus in toenemende mate regionaal divers en een combinatie van centraal en decentraal: warmtenet, geothermie, groen gas, elektriciteit, waterstof.

9 Verschilt zelfs per buurt (Schepers & Aarnink, 2014).
10 Zoals zonnebrandstoffen: brandstoffen die rechtstreeks voortkomen uit zonne-energie.

Beslissingen over aanleg of uitfasering van de benodigde infrastructuur moeten op 'slimme' momenten voor hele gebieden (wijken, steden) kunnen worden genomen. Knelpunten voor de groei van duurzame warmte zijn het huidige marktmodel van warmtelevering en de financiering (door marktpartijen zelf) van de benodigde warmte-infrastructuur (EZ, 2015).

Wie

Er is sprake van een sterke interactie tussen nationale, regionale en lokale initiatieven. Participatie van individuele huishoudens, vve's, corporaties, marktpartijen en netbeheerders zijn mede daardoor allemaal nodig. De utiliteitsbouw kent weer andere belangen dan de woningmarkt.

Tijdpad en sturing

Een belangrijk vraagstuk is hoe het institutionele kader eruit komt te zien waarmee per regio tot een optimale duurzame voorziening van lage temperatuurwarmte wordt besloten en hoe dat kan worden afgedwongen. Vanwege het technisch en financieel-economisch complexe en dwingende karakter van de verduurzaming van de resterende vraag is een bestuurlijk kader nodig. Een kader dat opgesteld wordt in een proces waarbij alle relevante partijen betrokken zijn (voor draagvlak) en dat vervolgens democratisch gelegitimeerd moet worden. Een warmteplan waarin integraal de verschillende opties (warmtepompen, warmte-koude-opslag) worden afgewogen, is een onderdeel van dat kader.

In de periode tot 2035 kan de bestaande bebouwde omgeving CO_2-neutraal gemaakt worden. Dit is een grote opgave en een trendbreuk, maar het kan.

De gebouwde omgeving wordt gekenmerkt door verantwoordelijkheden die op alle niveaus liggen. Dat maakt het complex om afspraken te maken en arrangementen op te stellen die nodig zijn voor het bereiken van het doel.

6.2. Energie voor hoge temperatuurwarmte

Wat is de transitieopgave

De vraag naar hoge temperatuurwarmte (met temperaturen hoger dan 100-120˚C) komt hoofdzakelijk voor in de industrie, waar het wordt ingezet als proceswarmte. Nederland heeft in internationaal perspectief een relatief omvangrijke, energie-efficiënte en energie-intensieve industrie. Om hoge temperatuurwarmte te produceren is in 2012 ongeveer 25% van het Nederlandse totaal aan primaire energie (circa 670 PJ) ingezet. Dit energieverbruik veroorzaakte 43 Mt CO_2-emissies (Warringa & Rooijers, 2015a). Industriële producten zijn in alle facetten van het dagelijks leven terug te vinden. De behoefte aan deze producten blijft in de toekomst bestaan en dus is er in 2050 nog steeds energie nodig om ze te maken. De inschatting is dat in 2050 de energiebehoefte voor de productie van hoge temperatuurwarmte 210 PJ – 530 PJ is. De transitieopgave is om in 2050 CO_2-arm te produceren met maximaal 3 tot 7 Mt CO_2-emissieruimte. De industriële producten waarvoor hoge temperatuurwarmte nodig is, worden

11 Voor een bepaalde wijk, als deze in de buurt van een warmtebron ligt, kan bijvoorbeeld besloten worden tot een warmtenet. De keuze voor de ene energiedrager impliceert - op basis van kosten - veelal het niet bouwen of onderhouden van de infrastructuur voor andere energiedragers (gas, warmtepompen, warmte-koude-opslag).

op internationale markten verhandeld en de energiekosten maken een substantieel deel uit van de productiekosten. Bovendien bestaat het risico dat bedrijven van landen met een stevig CO_2-beleid verhuizen naar landen zonder zo'n beleid. Dit kan het behalen van het internationale klimaatdoel zelfs bemoeilijken. Nederland dient bij het bereiken van zijn doelstelling voor CO_2-reductie in de opwekking van hoge temperatuurwarmte derhalve rekening te houden met de Europese en mondiale context.

Hoe

Energiebesparing en technologische innovatie voor minder op hoge temperatuurwarmte gebaseerde productieprocessen zijn de 'transitie-sleutels' voor de energie-intensieve industrie. Het IEA heeft in de Energy Technology Perspectives van 2014 (IEA, 2014b) aangegeven dat voor een groot deel van de industrie met de op dit moment beschikbare techno-logie energiebesparing in de ordegrootte van 20% te realiseren is. Er moet volop worden ingezet op het realiseren van dat besparingspotentieel. In de Industrie routekaarten (RvO, 2013) is afgesproken dit energiebesparings-potentieel te benutten. De raad is van mening dat afrekenbaarheid en sancties naast monitoring onderdeel uit moeten maken van die afspraken.

Fundamentele innovaties in productietechnologieën, -processen en -methoden zijn nodig om de CO_2-emissies verder naar beneden te brengen. Voorbeelden hiervan zijn biochemische technologieën (bijvoorbeeld hoog-waardige chemicaliën met enzymen maken in plaats van met de klassieke chemie), membraanscheiding en geavanceerde extractie (in plaats van destilleertechnologieën waar veel warmte voor nodig is) en clustering van bedrijven zodat ze van elkaars restproducten en restwarmte gebruik kunnen maken. Nederland heeft met zijn chemische clusters en kennisinstituten een uitstekend positie om een prominente rol te spelen in dit soort innovatieve initiatieven (EZ, 2015b). Fundamentele innovatie in productieprocessen is van lange adem. Daarom onderstreept de raad het belang van langlopende innovatieprogramma's om de nodige trendbreuken mogelijk te maken en de economische kansen voor Nederland te benutten. Vanwege de omvang en complexiteit van de innovatieopgave ligt het voor de hand dat samen-werking gezocht wordt op Europees niveau of met een aantal landen die dezelfde doelen nastreven.

Een groot deel van de industriële bedrijven valt onder het Europese systeem van CO_2-emissiehandel. Op dit moment is de prijs van emissie-rechten zo laag dat die bedrijven onvoldoende economische prikkels geeft om de benodigde efficiencymaatregelen te nemen en innovaties te realiseren. In hoofdstuk 7 gaat de raad nader in op hoe het Europese emissiehandelssysteem versterkt kan worden en wat de Nederlandse inzet daarbij kan zijn.

De resterende warmtevraag (op basis van de twee gebruikte scenario's geschat op 210 PJ tot 530 PJ) moet in 2050 op een CO_2-arme, duurzame wijze geproduceerd worden. De opties hiervoor zijn nu in ontwikkeling. Technologieën die daaraan kunnen bijdragen zijn bijvoorbeeld zeer diepe geothermie, CCS en de toepassing van waterstof. De Rijksdienst voor ondernemend Nederland (RVO) geeft aan (RVO, 2015) dat verschillende technologieën al op grotere schaal getest kunnen worden. De raad

adviseert bedrijven en overheid direct te starten met die testen.

Wie

Bedrijven en overheid hebben een gezamenlijke taak bij het stimuleren van innovatie. Een grootschalig innovatieprogramma moet door deze partijen zo snel mogelijk ingezet worden om zo snel mogelijk – ruim voor 2050 - nieuwe technologieën beschikbaar te hebben. Efficiëntieverbeteringen kunnen behaald worden met bestaande technologie, en hier kan meteen een slag gemaakt worden met strikter energiebesparingsbeleid. Bedrijven zijn in eerste instantie zelf verantwoordelijk voor de transitie naar een industrie die minder CO_2-uitstoot. De taak van overheden (op mondiaal, Europees en nationaal niveau) is om de (internationale) kaders te scheppen zodat bedrijven die transitie kunnen maken zonder last te hebben van concurrentie van bedrijven die niet verduurzamen.

Tijdpad en sturing

Vanaf nu moet volop worden ingezet op energiebesparing en verbetering van de energie-efficiency. Voor fundamenteel andere productieprocessen zijn innovaties nodig die waarschijnlijk tijd kosten voordat ze brede toepassing vinden. Daarom moet in de eerste fase, tot 2035, ingezet worden op een grootschalig innovatieprogramma zodat technologieën in de tweede fase, tot 2050, beschikbaar en toegepast zijn.

In de sturing op hoge temperatuurwarmte zal het EU ETS een belangrijke aanjagende functie moeten hebben, en de Nederlandse inzet in Brussel moet gericht zijn op versterking van EU ETS. Tegelijkertijd zijn in publiek-privaat overleg met bedrijven vaak veel extra opties voor innovatie en besparingen mogelijk. Ook regionale sturing is relevant: clusters voor cascadering en benutting van restwarmte hebben alleen potentieel als die via regionale arrangementen tot stand komen.

6.3. Energie voor transport en mobiliteit

Wat is de transitieopgave

In 2012 is circa 500 PJ aan primaire energie ingezet voor de functionaliteit transport en mobiliteit en de CO_2-uitstoot was 37 Mt (Warringa & Rooijers, 2015a). Op basis van de twee gebruikte scenario's ligt de energiebehoefte voor transport en mobiliteit in 2050 tussen de 280 en 370 PJ. De uitdaging is om in de energiebehoefte van transport en mobiliteit te voorzien met 7 tot maximaal 15 Mt CO_2-emissie.

Hoe

De functionaliteit mobiliteit en transport is van alle functionaliteiten het sterkst afhankelijk van energie met een hoge dichtheid[12], waarin nu voorzien wordt met fossiele brandstoffen. De transportsector is zeer divers, met allerlei soorten vracht- en personenvervoer over korte en lange afstanden (luchtvaart, scheepvaart, langeafstandstrucks) die ieder hun 'eigen' transitie moeten doormaken. In een visietraject vanuit de SER is in 2014 een duurzamebrandstofvisie

12 Vloeibare brandstoffen hebben een hoge energiedichtheid per volume-eenheid, in vergelijking met bijvoorbeeld accu's, cruciaal gezien het mobiele karakter.

ontwikkeld door meer dan honderd partijen (SER Duurzame Brandstofvisie, 2014) waaronder brandstofproducenten, voertuigfabrikanten, vervoerders, verladers, koepelorganisaties, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties. Deze visie kan volgens de raad heel goed dienen als basis voor de transitie van de functionaliteit transport en mobiliteit, omdat de visie de energie- en klimaatdoelen als centraal uitgangspunt neemt en ook kijkt naar aanpalende doelen als luchtkwaliteit en economische kansen. Bovendien staat de visie een adaptieve aanpak voor.

Over de afspraken in de Duurzame Brandstofvisie merkt de raad op dat de mogelijkheid benut moet worden om in verschillende snelheden te handelen. Nederland kan deels zelfstandig opereren en versnellen als gaat het om het stimuleren van de vermindering van CO_2-emissies door binnenlands autoverkeer, scooters, brommers, treinen, watertransport en tram- en busvervoer. Aangrijpingspunten hiervoor zijn bijvoorbeeld aanpassingen in de (tank- en oplaad)infrastructuur, concessieverleningen voor openbaar vervoer, fiscaal beleid, en het instellen van milieuzones in steden.

Op de CO_2-emissies van Europees vrachtverkeer en lucht- en scheepvaart binnen en buiten Europa heeft Nederland minder invloed. Nederland moet in de internationale fora[13] een voortrekkersrol innemen om ervoor te zorgen dat er stringent beleid komt om CO_2-emissies fors te reduceren. Dat stringentere internationale beleid kan bijvoorbeeld bestaan uit: invoering van nog striktere en voortschrijdende CO_2-emissienormen voor motoren van (vracht)auto's en vliegtuigen, het binnen het EU ETS brengen van de Europese luchtvaart en de scheep- en binnenvaart. Het EU ETS moet dan wel verbeterd worden, zoals bepleit in advies 9. Voor emissies door de internationale luchtvaart en scheepvaart die nu buiten alle systemen vallen (de zogenoemde emissies van bunkerbrandstoffen), moeten ver(der)gaande internationale en bindende afspraken gemaakt worden. Als besluitvorming binnen die internationale verbanden te lang op zich laat wachten, moet Nederland samenwerking zoeken en afspraken maken met vooruitstrevende landen.

Technische doorbraken in de komende jaren kunnen tot een ander beeld leiden, zowel van de totale CO_2-reductie als van de bijdragen daaraan door de verschillende technieken. Als het in de toekomst bijvoorbeeld mogelijk wordt om synthetische brandstoffen (rechtstreeks geproduceerd uit zonlicht: 'solar fuels') via elektriciteit te produceren, ziet de opgave er anders uit.

Tijdpad en sturing

De raad adviseert de aanpak in de Duurzame Brandstofvisie en daarvoor opgestelde uitvoeringsagenda (IenM, 2015) te volgen. Indien de aanpak succesvol blijkt te zijn, kan deze model staan voor een aanpak in de aanloop naar 2030 en verder. Afhankelijk van andere ontwikkelingen in de energievoorziening moet het vastgelegde doel van maximaal 12 Mt CO_2-emissies in 2050 scherper gesteld worden.
Internationaal transport stuurt op kosten op rationele gronden. Voor de

13 Aanpassing van normen en beleid liggen voor scheepvaart bij de International Maritime Organization (IMO) en voor luchtvaart is dat de International Civil Aviation Organization (ICAO). Voor de binnenvaart wordt beleid aangestuurd vanuit Straatsburg (Centrale Commissie voor de Rijnvaart, CCR) en Brussel (EU).

internationale scheepvaart en luchtvaart zijn afspraken onder VN-vlag (ICAO en IMO) aan de orde. Voor de aanpak van personenauto's, bijvoorbeeld de uitrol van elektrisch vervoer, lijken Europese normen voor de hand te liggen, aangezien deze auto's op de Europese interne markt verhandeld worden. Nationaal of regionaal beleid kan aanvullend zijn, bijvoorbeeld voor de inpassing in de eigen infrastructuur, in parkeerbeleid en in aanschaf- en gebruikskosten.

6.4. Energie voor verlichting, apparaten, informatie- en communicatietechnologie

Wat is de transitieopgave

De vraag naar energie voor verlichting, voor (elektrische) apparaten en voor informatie- en communicatietechnologie is 700 PJ primaire energie (Warringa & Rooijers, 2015a). Deze vraag wordt praktisch geheel ingevuld met elektriciteit. De verwachting is dat de functionele vraag naar energie voor licht en apparaten de komende jaren toeneemt door de stijging van het aantal apparaten in de bebouwde omgeving (bijvoorbeeld door meer elektrische apparaten en ICT-apparaten in huishoudens en bedrijven) en door een hoger energiegebruik in de tertiaire sector (energie voor informatie, communicatie, gezondheidszorg, vrije tijd). Tegelijkertijd is er sprake van een toenemende energie-efficiëntie van lichtbronnen en apparaten (energiebesparing). De energievraag binnen deze functionaliteit kan min of meer stabiel blijven als de toename in de vraag gecompenseerd wordt door efficiëntere apparaten. Op basis van de twee gebruikte scenario's is de primaire energievraag 610 tot 790 PJ in 2050. De CO_2-emissies mogen 2 tot maximaal 7 Mt zijn. Voor deze energiefunctionaliteit liggen de opgaven aan zowel de vraag- als aanbodkant. Aan de vraagkant zijn hoge energiebesparing en efficiencyverbetering nodig. Aan de aanbodkant ligt de opgave bij de voornaamste energiedrager elektriciteit, die in 2050 geheel CO_2-neutraal geproduceerd moet worden. De rol van wind en zon als energiebronnen neemt sterk toe. De elektriciteitsmarkt staat, kortom, voor een grote overgang.

Hoe

De energie-efficiencynormen voor apparaten worden gereguleerd via de Europese Eco-design Richtlijn[14]. Deze normstelling, die strikter wordt in de tijd, is effectief (Ecofys, 2014). Aanscherping van de efficiëntienormen van apparaten leidt tot lagere energielasten voor burgers en bedrijven. Het effect van de normen moet verder versterkt worden door het verbieden van de minst efficiënte apparaten. Omdat ook fabrikanten van buiten de EU aan deze normen moeten voldoen als ze willen leveren binnen de EU, blijft een gelijk speelveld voor de Europese industrie verzekerd.

Wie

Een krachtige inzet van de Nederlandse overheid in Brussel is belangrijk, onder meer bij de consultatie over het meerjarige Ecodesign Working Plan van de Europese Commissie en in de technische standaardisatie-

14 De richtlijn betreft zowel producten die energie gebruiken, met uitzondering van vervoermiddelen, en andere energiegerelateerde producten met een impact op het energiegebruik (ramen, isolatiemateriaal, kranen).

comités.

Tijdpad en sturing

De energie voor verlichting, apparaten, informatie- en communicatie-technologie moet in 2050 geheel koolstofarm zijn. In de eerste periode, tot 2035, moet meteen ingezet worden op grotere besparingen. Hiervoor moeten in Europa scherpere normen voor apparaten bepleit worden, en moeten elektrische apparaten met een slecht energie-efficiëntielabel uitgefaseerd worden.



7

DOORSNIJDENDE BELEIDSOPGAVEN

In dit hoofdstuk worden belangrijke beleidsopgaven geïdentificeerd die gelden voor alle vier de energiefunctionaliteiten. De beleidsopgaven op het gebied van innovatie, ruimte, infrastructuur, draagvlak en financiering die in dit hoofdstuk aan de orde komen, verschillen meestal sterk per functionaliteit.

7.1. Innovatie

Voor de functionaliteiten mobiliteit en transport (luchtverkeer) en hoge temperatuurwarmte (staalproductie of raffinage) ontbreken de technologieën en processen om de CO_2-uitstoot voldoende te reduceren tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten. Het realiseren van mogelijkheden om opgewekte wind- en zonne-energie te kunnen opslaan voor later gebruik is voor deze functionaliteiten een cruciale stap in de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening. Het perspectief dat zonnepanelen in 2050 elektriciteit kunnen produceren voor 2 tot 4 cent per kWh, is aantrekkelijk (Fraunhofer ISE, 2015), maar het vereist verdere productontwikkeling.

Innovatie is kortom van cruciaal belang voor de energietransitie:

- Er zijn nieuwe, schone technologieën en processen nodig. Met name in de functionaliteiten mobiliteit en transport en hoge temperatuurwarmte zijn de huidige technologieën en processen onvoldoende in staat om, in de bestaande markt- en beleidsordening, de CO_2-uitstoot in voldoende mate economisch concurrerend te reduceren. Dit advies anticipeert dan ook op verdere innovatie. Doorontwikkeling van technologieën en processen maakt ze efficiënter, goedkoper en gebruiksvriendelijker[15].
- Innovatie, en dan met name op terreinen waarop Nederland comparatief voordeel en verdienpotentieel heeft, levert bovendien economische kansen op.
- Sociaalmaatschappelijke veranderingen worden zowel aangejaagd als ondersteund door innovaties. Consumenten kunnen dankzij informatie- en communicatietechnologie hun keuze voor bijvoorbeeld autodelen, openbaar vervoer of telewerken – of een combinatie daarvan - steeds verder optimaliseren. In het huidige energiesysteem past het aanbod zich aan de vraag aan. Een gascentrale gaat bijvoorbeeld meer elektriciteit produceren als de elektriciteitsvraag hoger is. In de toekomst zou de vraag afhankelijker moeten zijn van het aanbod van energie. Het energiegebruik is dan hoger op momenten waarop veel energie geproduceerd wordt (bijvoorbeeld als de zon schijnt en het hard waait).
- Institutionele innovaties zijn essentieel voor de stimulering van en sturing op decentrale activiteiten die onmisbaar zijn voor het halen van de doelstellingen van de energietransitie. Energiebesparing en –opwekking kennen nog veel split incentives[16] die opgeheven kunnen worden door nieuwe instituties, nieuwe bedrijvigheid (Energy Service Companies, ESCO's) en wellicht een ander marktmodel.

15 Het wenkend perspectief is dat hernieuwbare energie per kilowattuur goedkoper zal zijn dan elektriciteit opgewekt met fossiele brandstoffen en dat elektrische auto's in gebruiksgemak en status hun tegenhangers op fossiele brandstoffen zullen overtreffen en ze naast duurzame ook superieure producten zullen zijn. Dit zijn belangrijke drijfveren voor een grotere marktpenetratie.

16 *Split incentives*: de kosten voor bijvoorbeeld besparing worden door een andere partij gemaakt dan die waar het geldelijke voordeel komt te liggen. Energy Service Companies, ESCO's, zijn bedrijven die zowel de kosten als de baten op zich nemen en daarmee de *split incentive* opheffen.

Innovatie is noodzakelijk in de hele energieketen: productie, transport, opslag, conversie, handel, verdienmodellen en gebruik. De raad signaleert dat innovatie noodzakelijk is in de volgende domeinen van de keten:

- Technologisch domein: om het einddoel te halen zijn nieuwe technologieën en processen nodig. Daarnaast is doorontwikkeling van technologieën en processen nodig om ze efficiënter, goedkoper en gebruiksvriendelijker te maken. Voor Nederland liggen hier specifieke kansen. Samenwerking met internationale partners is onontbeerlijk.
- (Bedrijfs)economisch domein: de toename van duurzame windenergie en zonne-energie (met lage marginale kosten) en de groei van decentrale initiatieven vragen om nieuwe markt- en verdienmodellen.
- Sociaalmaatschappelijk domein: gelet op de gewenste snelheid van de energietransitie is het van belang om tot nieuwe vormen van samenwerking en benadering van doelgroepen te komen. Voorbeelden zijn energiecoöperaties en innovaties in de uitrol van energiebesparingsconcepten in de gebouwde omgeving. Sociaalmaatschappelijke veranderingen worden zowel aangejaagd als ondersteund door innovaties.
- Bestuurlijk domein: institutionele (bestuurlijke en regelgevende) innovaties zijn eveneens nodig, bijvoorbeeld als reactie op het steeds meer decentrale karakter van de energietransitie en als garantie voor het bereiken van het einddoel (zie hoofdstuk 8).

Het in de komende jaren afnemende budget voor innovatie op de begroting van het Ministerie van EZ (2015b) is volgens de raad een verkeerde beweging. Juist door volop bij te dragen aan energie-innovaties wordt de positie van het Nederlandse bedrijfsleven en de Nederlandse wetenschap versterkt. Nederland is vanwege zijn omvang, economie en (kennis)structuur bovendien een ideaal land voor ‘proeftuinen’ (Delft University of Technology et al., 2015), bijvoorbeeld voor de op biomassa gebaseerde economie, voor energieconversie, voor ontwikkeling van smart grids en voor slimme energiediensten.

Het innovatiebudget is nu met name onvoldoende om de innovatie te ondersteunen die nodig is voor de langere termijn. Het budget moet omhoog voor technologieën als de smart grids, nieuwe procestechnologie, CCS en op biomassa en biochemie gebaseerde technologieën. Het huidige innovatiebudget is voor een te groot deel gericht op de korte termijn, terwijl investeringen in innovatie voor de langere termijn juist de totale kosten van de energietransitie kunnen beperken.

De raad adviseert de genoemde innovatierichtingen te ondersteunen met thematisch ingerichte langjarige programma’s (tien tot vijftien jaar) waarin alle fases van innovatie ondersteund kunnen worden. Deze programma’s moeten toegesneden worden op de vier energiefunctionaliteiten. Voor de lage temperatuurwarmte gaat het bijvoorbeeld vooral om de sociale innovaties en procesinnovaties terwijl het bij de hoge temperatuurvoorziening vooral gaat om fundamentele, technische innovaties.
Bedrijfsleven, wetenschap, maatschappelijke partijen en overheid moeten hierbij samenwerken. De samenwerking vindt momenteel al plaats in de Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI’s). Het is verder belangrijk dat er voldoende experimenteerruimte is. Nieuwe technologieën en concepten

moeten kunnen worden uitgeprobeerd. Eerst op kleine en daarna op grotere schaal. Voor de ontwikkeling van smart grids bijvoorbeeld, is het logisch om, na kleinschalige experimenten, nu een grootschaliger experiment te starten (Powermatching City II, 2013).

De ontwikkeling van radicaal nieuwe technologieën staat verder van de markt, kost significant meer tijd en vergt een meerjarige aanpak waarin vraaggestuurde programma's worden opgestart met een specifieke taak. In box 5 staat een aantal voorbeelden van technisch-wetenschappelijke uitdagingen die in prestatiegerichte innovatieprogramma's opgepakt kunnen worden. Ook hiervoor biedt de publiek-private aanpak van bedrijven, wetenschap en overheid een goede basis. Om innovaties daadwerkelijk door de hele keten heen naar de markt te brengen, is wel meer zekerheid nodig dat ontwikkelingen tijdens de gehele innovatieketen op ondersteuning kunnen rekenen. De huidige inrichting van het energie-innovatie-instrumentarium lijkt vooral per innovatiefase ingericht, waardoor continuïteit ontbreekt.

Voor dergelijke programma's moeten structureel meer middelen beschikbaar komen, bij bedrijven en bij de overheid. De raad denkt aan een verhoging tot 200 of 300 miljoen euro. Vanwege de omvang van de innovatieopgave is samenwerking in Europese programma's nodig. Door programma's resultaatgestuurd te maken, kan een breed palet aan ontwikkelingen gestimuleerd worden. Voor opeenvolgende fases gelden verschillende prestatiecriteria, aan de hand waarvan tussentijds getoetst wordt of de samenwerkingsverbanden (bedrijven, kennisinstellingen en overheden) presteren en of ze in aanmerking komen voor ondersteuning in een volgende fase.

Box 5 Voorbeelden van technisch-wetenschappelijke uitdagingen die in prestatiegerichte innovatieprogramma's aan de orde kunnen komen

- Nieuwe materialen, technieken en processen voor het met hoge opbrengst omzetten van zonlicht in elektriciteit en (vervolgens) in chemische verbindingen (zoals H_2, NH_3, CH_4).
- Concepten voor biomassacascadering en bioraffinage.
- Ontwikkeling van goedkopere boortechnieken voor het gebruiken van aardwarmte.
- Lichtere en sterkere materialen voor geavanceerde rotorbladen, nieuwe onderhoudsconcepten voor windturbines en nieuwe funderingen voor offshore windturbines.
- Ontwikkeling van nieuwe katalyseconcepten voor industriële toepassingen en proces- intensificatie: nieuwe, compacte procesroutes voor de industrie.
- Ontwikkeling van nieuwe kernreactorconcepten en van verwerking en hergebruik van nucleair afval.
- Nieuwe materialen voor het verhogen van de opslagcapaciteit van batterijen, kostenreductie van batterijen en accu's en verkorten van laadtijden van batterijen voor elektrische auto's.
- Nieuwe materialen en nieuwe ontwerpen voor het drastisch reduceren van het energiegebruik in de gebouwde omgeving.
- Technologie voor het optimaal managen van energieproductie en –gebruik en smart grid toepassingen.

- Systemen voor het betaalbaar afvangen en opbergen – of nog beter: benutten – van CO_2.
- ICT voor integratie van energiesystemen.
- Innovaties die leiden tot het elimineren van het gebruik van zeldzame metalen.
- Innovaties gericht op verbeteren van de efficiency in het transport (lichtere voertuigen, lichtere schepen, lichtere containers, nieuwe transportsystemen zoals magneettreinen en inductie via het weg-oppervlak voor bijvoorbeeld elektrisch vrachtverkeer).

7.2. Energietransitie en ruimte

De transitieopgave

De exacte omvang van de ruimtelijke opgave die gepaard gaat met de energietransitie is afhankelijk van de vraag hoeveel van de nationale energiebehoefte uiteindelijk op eigen bodem zal worden geproduceerd. Dit is een politieke keuze die nog gemaakt moet worden. De energietransitie stelt de samenleving hoe dan ook voor een aanzienlijke ruimtelijke opgave die de inpassing van vele duizenden installaties en de bijbehorende infra-structuur omvat. De maatschappelijke acceptatie van de veranderingen in de fysieke leefomgeving die daardoor optreden, en die soms letterlijk naast de deur plaatsvinden, zal grote aandacht van burgers, politici en bestuur-ders vragen.

Afhankelijk van de gebruikte technieken, gaat het bij wind op land om 2.000-80.000 windmolens en op zee om 2.000-20.000 windmolens, om meer dan 300 km^2 aan zonnepanelen op honderdduizenden daken en zonneweides, bij bio-energie gaat het om meer dan 1000 installaties, het gaat om honderden aardwarmte-installaties en vele honderdduizenden warmte-koude-opslaginstallaties (PBL, 2013b). Al deze installaties hebben een direct ruimtebeslag (de plek die installaties en infrastructuur innemen) en een indirect ruimtebeslag (beleving, geluid, stank, zicht, schaduw en impact op het landschap). Grootschalige inzet van biomassa heeft ook een groot ruimtebeslag, in binnen- of buitenland. Daardoor ontstaat snel concurrentie om ruimte met voedselproductie, recreatie of biodiversiteit. Van deze opties voor duurzame energievoorziening hebben windmolens op land het grootste indirecte ruimtebeslag: ze zijn hoorbaar tot op meer dan één kilometer afstand en zichtbaar tot op meer dan twintig kilometer afstand.

Te beantwoorden ruimtelijk beleidsvraagstukken

Als het ruimtelijk potentieel in Nederland benut wordt, kan technisch gezien een relatief groot deel van de benodigde duurzame energie in Nederland worden geproduceerd. De ruimtelijke inpassing van hernieuwbare energie zal echter gepaard gaan met maatschappelijke weerstand. Vaak is dat weer-stand van direct omwonenden ('niet in mijn achtertuin'), maar ook van andere belanghebbenden of maatschappelijke organisaties. Er ligt een grote beleidsopgave om het maatschappelijk draagvlak voor de inpassing van een duurzame energievoorziening te versterken.

Het is nodig om twee ogenschijnlijk tegengestelde perspectieven te combineren: 1) het bottom-up perspectief van ‘kleinschaligheid en maatschappelijk initiatief’, versus 2) het ‘technocratisch top-down perspectief initiatief’.

1. Het eerste perspectief wordt ingevuld vanuit de ‘menselijke maat’: consumenten worden prosumenten van energie, burgerinitiatieven zijn drijvende krachten, lokale luchtkwaliteit spreekt meer aan dan klimaat, en gebouwen, wijken, steden en regio’s worden energieneutraal. Kleinschalige initiatieven leveren niet alleen een bijdrage aan het bereiken van het CO_2-reductiedoel (vele kleintjes maken uiteindelijk één grote), ze zorgen ook voor een bredere maatschappelijke inbedding en voor draagvlak voor realisatie van de energietransitie. Actieve participatie van burgers in hun eigen energievoorziening leidt tot een meer gedragen energiebeleid en een grotere acceptatie van veranderingen in het landschap.
2. In het tweede perspectief gaat het om klimaatverandering, (duurzaam) energiepotentieel, grootschalige installaties en ruimteclaims, infrastructuur van nationaal belang en landschapsontwikkeling. De transitieopgave is zo omvangrijk en veelomvattend dat keuzes op nationaal niveau (indien noodzakelijk top-down opgelegd) in het belang van goede ruimtelijke ordening noodzakelijk zullen zijn, inclusief een economische afweging over maatschappelijke kosten en baten.

Alleen door beide perspectieven goed te combineren kan de ruimtelijke inpassing verder gebracht worden. Een voorbeeld van een aanpak waarin beide perspectieven samenkomen is het ontwerpend onderzoek[17], waarin interactie met de omgeving centraal staat. De raad adviseert deze aanpak meer aandacht te geven en breder toe te passen.

Twee relevante beleidsvragen hierbij zijn:

1) Verdienen lokale initiatieven, waarbij naast de lasten ook de baten lokaal terechtkomen, de voorkeur omdat deze de maatschappelijke acceptatie kunnen helpen vergroten?[18]. Of kunnen windmolens of zonneweides uit oogpunt van optimale ruimtelijke inpassing beter op een beperkt aantal centrale locaties worden gerealiseerd?
2) Hoe is de taakverdeling tussen Rijk en decentrale overheden, tegen de achtergrond van de decentralisatie van het ruimtelijk beleid, meer specifiek de Omgevingswet en de Omgevingsvisie? Gaan de opgetelde ambities van twaalf provincies of vierhonderd gemeenten de energietransitie voldoende stimuleren of verdient de energietransitie centrale sturing vanwege het nationale belang?

De raad adviseert de energietransitie prioriteit te geven in het nationaal ruimtelijk beleid en expliciet te betrekken bij het opstellen van de Omgevingsvisie. De raad adviseert ook provincies en gemeenten de energietransitie prioriteit te geven in hun ruimtelijke plannen en daarbij de nationale opgaven voor ogen te houden. Het zal helpen als provincies en gemeenten lokaal initiatief maximaal stimuleren (bijvoorbeeld door ‘ja, tenzij’ als uitgangspunt aan te houden) en als politici en bestuurders

17 Een voorbeeld van deze aanpak: College van rijksadviseurs (Cra), 2015.
18 Kansrijke voorbeelden van zulk soort constructies zijn financiële participatie door particulieren in nabije energieprojecten of door het herinvesteren van opbrengsten in gemeenschapsprojecten direct in de buurt.

communiceren dat ruimtelijke veranderingen, ook in de eigen provincie of gemeente, noodzakelijk zullen zijn.

7.3. Een CO_2-arme energievoorziening en marktordening: capaciteit, flexibiliteit en (Europese) integratie

Transitieopgave

De noodzakelijke energietransitie en dus de toename van duurzame energiebronnen en een andere inzet van bronnen en dragers om een CO_2-arme energievoorziening te realiseren, stellen steeds striktere eisen aan het energiesysteem en aan de regulering daarvan. Het huidige energiesysteem en de regulering daarvan voldoen niet. De marktordening - het speelveld en de spelregels waarbinnen marktpartijen kunnen investeren, handelen en consumeren – moet daarom opnieuw worden doordacht.

Beleidsvraagstukken

Volgens de raad moet de regulering expliciet tot doel hebben de transitie naar een CO_2-arme energievoorziening te stimuleren. Uiteraard moet een betrouwbaar en betaalbaar aanbod van energie gegarandeerd blijven.

Drie onderwerpen zijn van belang, zij hangen bovendien sterk met elkaar samen: flexibiliteit van het energiesysteem, productiecapaciteit en de energie-infrastructuur. Deze worden hieronder toegelicht.

Flexibiliteit van het energiesysteem

De komende jaren komt de elektriciteitsmarkt verder onder druk te staan. De verwachte sterke toename van wind en zon als belangrijke, maar weersafhankelijke, energiebronnen vergt een omschakeling naar een flexibeler energiesysteem om de continue beschikbaarheid van energie te waarborgen.

In de huidige markt ontbreken voor veel deelnemers de (prijs)prikkels om direct - ‘op het moment zelf’ - te reageren op fluctuaties in aanbod en beschikbare transportcapaciteit. Een goed functionerende markt geeft de juiste prijssignalen, zodat vraag en aanbod op elk moment in evenwicht zijn. Zowel de hoeveelheid energie die wordt geproduceerd, als het tijdstip waarop dat gebeurt is daarvoor cruciaal. Het prijssignaal dat uitgaat van de groothandelsprijs wordt in de praktijk verzwakt door vaste leverings-tarieven voor consumenten, statische nettarieven, belastingen en opslagen. Eindgebruikers, die in toenemende mate ook zelf energie opwekken (prosumenten) moeten meer als volwaardige partners gaan meedoen op de energiemarkten.

Box 6 Vraagrespons en vraagbundeling, opslag, conversie en back-up

De volgende partijen kunnen meer flexibiliteit in het systeem brengen:

- *Flexibele eindgebruikers (door vraagrespons).*
  De huidige elektriciteitsvraag is bijna volledig inelastisch, dat wil zeggen dat de stroomconsumptie vrijwel constant is, ongeacht de prijs op een bepaald moment. Meer elasticiteit kan enorme welvaartseffecten hebben in de vorm van lagere prijzen en uitgespaarde (kapitaalsintensieve) investeringen in nieuwe productiecapaciteit. Industrie, handel en huishoudens kunnen hun vraag reduceren of juist vergroten, afhankelijk van het aanbod (en prijs) van elektriciteit op enig moment. 'Nieuwe' toepassingen, zoals elektrische voertuigen en warmtepompen, voegen dan flexibiliteit toe aan het elektriciteitssysteem.
- *Leveranciers en andere dienstverleners.*
  Esco's kunnen aan bedrijven en huishoudens maatwerkcontracten aanbieden waarin niet uitsluitend het energieverbruik, maar ook de flexibiliteit op een dag of in een seizoen worden overeengekomen. Prosumenten worden bijvoorbeeld back-upgaranties geboden voor het geval de eigen opwekking ontoereikend is voor de eigen vraag. Door lokale opwekking, slimme apparaten en opslag (zoals in elektrische auto's) te combineren, kan flexibiliteit worden gebundeld en geaggregeerd op de markt worden aangeboden.
- *Aanbieders van opslagfaciliteiten.*
  Kortdurende balansschommelingen in de elektriciteitsproductie kunnen worden opgevangen door accu's en warmte-koude-opslag. Bovendien zijn op termijn opslagsystemen noodzakelijk waarmee ook seizoensgebonden fluctuatie in elektriciteitsverbruik beter kunnen worden opgevangen. Opties gericht op energieconversie, zoals power-to-gas (waterstof) en power-to-heat dienen hiervoor verder ontwikkeld te worden.
- *Flexibele producenten.*
  Thermische energiecentrales blijven vooralsnog nodig om fluctuaties in het verbruik en productie van elektriciteit op te vangen. Gelet op de emissiedoelstelling in 2050 moeten zij zeer flexibel ingezet kunnen worden, zeer efficiënt zijn in hun brandstofverbruik en een zeer lage emissie van broeikasgassen hebben (door gebruik van biomassa, CCS). Een alternatief is dat grote wind- en zonne-installaties hun productie beperken op momenten dat de vraag of de netwerkcapaciteit ontoereikend is.

Productiecapaciteit

Er moet in 2050, maar ook tijdens de transitie, voldoende productiecapaciteit zijn om voorzieningszekerheid te garanderen. De markt moet de juiste investeringsprikkels geven om op de langere termijn een toereikend energieaanbod zeker te stellen. De huidige marktinrichting garandeert dit niet.

Voor elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen als wind, water en zon zijn de kapitaallasten hoog, maar de operationele kosten laag, met name doordat er geen brandstofkosten zijn. Door de sterke toename van

hernieuwbaar aanbod van elektriciteit worden thermische elektriciteitscentrales met hoge brandstofkosten uit de markt gedrukt. Toch zouden die wel nodig kunnen zijn als back-up voor momenten dat er geen wind of zon is en als andere flexibiliteitopties (opslag, vraagreductie) niet toereikend zijn.

Investeringen in back-upinstallaties, waaronder ook opslag en conversiesystemen, zijn alleen rendabel wanneer er hoge marktprijzen (prijspieken) gelden tijdens het beperkte aantal uren dat die installaties worden ingezet. Om deze grote prijsfluctuaties te voorkomen, wordt in enkele buurlanden het beschikbaar hebben van flexibel productievermogen apart geprijsd: zogeheten capaciteitsmechanismen (German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, 2015).

Een ander dilemma is dat marktprijzen op den duur, op momenten dat er een groot aanbod is van elektriciteit met lage marginale kosten (zon, wind, water), zo laag worden dat het ook voor deze hernieuwbare opties lastig wordt om investeringen terug te verdienen. Ook om die reden moeten marktprijzen representatiever zijn voor de onderliggende kostenstructuur van de productiemiddelen, inclusief systeemkosten (als netkosten en balancering) en externe effecten als CO_2-emissies en luchtvervuiling. Via de belastingen en tariefstelling kan hier actiever op worden gestuurd.

Ook voor de lage temperatuurwarmte gaat de inrichting van de markt knellen nu aardgas een steeds minder vanzelfsprekende bron wordt. Bij transport en hoge temperatuurwarmte is met name de vraag aan de orde hoe de markt voor biomassa zich zal ontwikkelen en of er voldoende duurzaam aanbod beschikbaar zal zijn. De raad verwacht dat duurzame biomassa zo schaars zal zijn dat die alleen beschikbaar komt voor gebruik op plekken waar duurzame alternatieven zeer moeilijk te realiseren of kostbaar zijn.

Een deel van een oplossing voor de capaciteit ligt in de verdere integratie van (deel)markten binnen het energiesysteem. Door het omzetten van elektriciteit in gas (power-to-gas) of in warmte (power-to-heat) kan energie worden opgeslagen als er een overschot is. Een ander deel ligt in verdergaande Europese integratie van de energievoorziening. Door uitbreiding van internationale verbindingen en koppeling van markten wordt het aanbod van energie constanter. Deze schaalvergroting leidt ook tot efficiëntere prijsvorming. Hiervoor is wel meer coördinatie op supranationaal niveau gewenst. Nederland moet daarom streven naar verdere ontwikkeling van de Europese Energie-unie.

Energie-infrastructuur

Betrouwbare infrastructuur is noodzakelijk voor de ononderbroken beschikbaarheid van energie (leveringszekerheid). De aanwezige infrastructuur bepaalt tevens de mogelijke inzet van verschillende energiedragers en de daarmee verbonden technologieën.

Infrastructuren voor verschillende energiedragers moeten elkaar aanvullen om de variëteit in energieaanbod, de fysieke geografie en de lokale (weers) omstandigheden maximaal te kunnen benutten. Door de elektrificatie van

de functionaliteiten lage temperatuurwarmte (warmtepompen) en voor mobiliteit (elektrisch vervoer) is meer elektriciteit nodig en worden zwaardere eisen aan de transportnetwerken gesteld, met name ook op lokaal niveau. In de praktijk sluiten infrastructuren elkaar ook uit (door het 'lock in' effect[19]). De aanleg van transportnetten is immers een kostbare aangelegenheid. De grootschalige uitrol van gasnetten in Nederland sinds de jaren zestig heeft bijvoorbeeld een rem gezet op de ontwikkeling van collectieve warmtenetten. Ter vergelijking, Denemarken – een land zonder eigen aardgas - heeft al na de oliecrisis in de jaren zeventig juist volop ingezet op de ontwikkeling van een eigen collectieve (rest)warmtevoorziening, waardoor dat nu een van de dominante infrastructuren is. Vanwege de hoge kosten en de lange voorbereidingstijd dienen investeringen in energie-infrastructuur ruim op tijd in gang te worden gezet om de energietransitie te kunnen faciliteren. Voorkomen moet worden dat een infrastructuur wordt aangelegd of gerenoveerd, die daarna niet meer past in een duurzame energievoorziening.

De netbeheerders (van hoofd- en distributienetten voor elektriciteit, warmte en gas) zijn de aanbieders van de benodigde transportcapaciteit. Netbeheerders hebben een rol in bijvoorbeeld de ontwikkeling van de flexibiliteitsopties door voldoende transportcapaciteit te realiseren. Met het oog op de gewenste energietransitie moet de overheid opnieuw beoordelen of de wettelijke taak van de netbeheerders daar (nog) bij past. Bij de energietransitie moet niet alleen voor elk net worden bepaald welke capaciteit nodig is, maar moeten ook afwegingen tussen netten worden gemaakt. Waar blijven of verdwijnen netten, waar wordt een nieuw net aangelegd en hoe wordt daarover beslist? Het lijkt onlogisch (te duur) om de drie netten (voor elektriciteit, warmte en gas) naast elkaar te laten concurreren. Een heldere langetermijnplanning voor onderhoud en aanleg van infrastructuur is daarom cruciaal. Juist op regionaal en lokaal niveau kan goed inzicht worden verschaft in de kosten van uitbreiding, vervanging en verzwaring van netten en in de mogelijkheden om die kosten te vermijden. De opgave is met name groot bij de infrastructuur voor de lage temperatuurwarmte.

Voor het realiseren van duurzame mobiliteit en transport is een krachtige voortzetting van de uitrol van infrastructuur nodig. Het gaat om een voldoende dekkend netwerk van laadpalen voor elektrische auto's inclusief de inpassing in het elektriciteitsnet, waterstof tankstations, en LNG-stations voor zwaar transport. Voor de scheepvaart zal het aantal LNG-tankpunten en -bunkerstations verder moeten groeien.[20]

19 Hiermee wordt bedoelt dat het voor andere soortgelijke producten of netwerken moeilijk wordt om als starter te concurreren met een gevestigd product, dienst of netwerk.
20 In Europees verband wordt gestreefd naar een Europees brede infrastructuur in het kader van de richtlijn *Clean Power for Transport package*.

7.4. Beschikbaarheid van publieke en private financiering

De transitieopgave

De energietransitie zal grote investeringen vragen. De uitdaging is dan ook om voldoende privaat en publiek kapitaal te genereren voor de benodigde investeringen. In de discussie over financiering moet onderscheid gemaakt worden tussen de kosten voor het energiesysteem op de lange termijn, en de kosten voor de transitie. Eerste berekeningen met het Energietransitie-model (ETM) laten ook goed zien dat de kostenstructuur verandert: daar waar in de huidige energievoorziening de brandstofkosten relatief hoog zijn (en de daarmee gepaard gaande onzekerheden) en de investeringskosten relatief laag zullen in de eindsituatie de investeringskosten relatief hoog en de brandstofkosten relatief laag zijn. De uiteindelijke kosten zijn in beperkte mate afhankelijk van de verschillende beelden van de eindsituatie (Kerkhoven, J.A. Wirtz en C. Kruip, 2015).

Investeringen zijn op alle niveaus nodig. Burgers moeten hun woningen aanpassen. Daarvoor investeren zij in energiebesparing (zoals vloer- en dakisolatie), ze vervangen de cv-ketel als het huis niet meer met (aard) gas verwarmd wordt maar met (rest)warmte via het warmtenet, of ze gaan elektrisch koken. Bedrijven moeten hun gebouwen eveneens energiezuinig maken. Zij moeten bovendien ook investeren in fundamenteel andere productiemethoden om energie te besparen, of ze moeten andere materialen gaan gebruiken waardoor ze efficiënter met energie om kunnen gaan. Energiebedrijven moeten energie op heel andere manieren gaan produceren. Zowel privaat als maatschappelijk gefinancierde innovatie is nodig om deze energietransitie tot stand te brengen.

De rijksbegroting

Voor de rijksoverheid en de rijksbegroting ligt er een specifieke opgave rond de inkomsten en uitgaven die samenhangen met fossiele energie. De Staat krijgt inkomsten uit de winning van aardgas (en een klein beetje uit aardolie) en uit btw, heffingen en accijnzen op fossiele energie. De opbrengsten uit winning lopen terug, omdat het einde van de gasvoorraad in zicht komt. Dat proces verloopt onafhankelijk van de energietransitie. Deze afname in inkomsten wordt al verrekend in de langetermijnramingen van de overheidsbegroting. De problematiek rond de aardbevingen in Groningen maakt het waarschijnlijker dat er de komende tijd nog minder aardgas gewonnen wordt dan voorzien.

De Staat moet bepalen hoe de meer dan 40 miljard euro per jaar aan belastinginkomsten gecompenseerd moet worden die met het gebruik van fossiele energie samenhangen. Deze inkomsten zullen dalen door de afname van het gebruik van fossiele brandstoffen. Wil de overheid deze opbrengsten uit energievoorziening blijven halen, dan moet de belasting op het steeds kleiner wordende aandeel fossiele energie omhoog. Of hernieuwbare energie moet per eenheid energie op dezelfde manier belast worden als fossiele energie. In de transitiefase is dat laatste onlogisch. Onderdeel van de transitieaanpak moet een belastingplan zijn dat met deze dilemma's rekening houdt.

Voorzien in de kapitaalbehoefte

Financiers geven aan dat er in potentie voldoende privaat kapitaal beschikbaar is voor duurzame energieprojecten (SER, 2015). Toch zijn de projecten lastig te financieren door knelpunten zoals de hoogte van de benodigde investeringen (zeker bij grootschalige projecten), lange terugverdientijden, technische risico's en onzekerheden in beleid. Verwachtingen over toekomstige prijzen van energie of CO_2-uitstoot spelen natuurlijk een belangrijke rol. Verwachtingen over toekomstige prijsdaling van nieuwe duurzame technieken kunnen tot uitstel van investeringen leiden, ook al zijn deze investeringen wel gewenst om de benodigde CO_2-reductie te realiseren. Om zogenoemde split incentives te voorkomen, is het van belang investeringsafwegingen te maken op basis van de Total Cost of Ownership (TCO). Dit betekent dat de totale CO_2-belasting van zowel investering als exploitatie-gebruikskosten in de analyse betrokken worden en de grondslag voor besluitvorming vormen. Dit speelt met name in de gebouwde omgeving waar gebruikers vaak niet de eigenaar van een gebouw zijn.

Financiers nemen investeringsbesluiten op basis van volledig uitgewerkte businessplannen. Vooral voor kleinere bedrijven in het midden-en-kleinbedrijf is het vaak een knelpunt om het daarvoor vereiste detailniveau in een businessplan te realiseren. Mogelijk kan op dit punt extra beleid in de vorm van een ontwikkelingssubsidie helpen. Banken zoeken zekerheden die in een transitie niet altijd gegeven kunnen worden: kasstromen, de toepassing van bewezen technologieën, aantoonbare kredietwaardigheid.

Naast subsidies kan een mix van publieke en private financiering wellicht nieuwe financieringsmogelijkheden opleveren. Gewenste duurzame ontwikkelingen worden dan gestimuleerd via garanties, leningen of participaties. Een overheid die een private partij wil interesseren voor fondsbeheer of voor directe (co-)investeringen, moet de bijbehorende consequenties aanvaarden. De kracht van private partijen komt namelijk niet tot uiting als strak wordt gestuurd op subsidievoorwaarden of op technische oplossingen, in plaats van op projectresultaat en op (maatschappelijke) uitkomsten. Anderzijds moeten private partijen accepteren dat de inzet van publieke middelen consequenties heeft voor de voorwaarden bij beheer of projectfinanciering.

Ten slotte bestaan er alternatieve financieringsbronnen. Door kleinschalige duurzame energieprojecten te bundelen, zoals zonnepanelen op huizen, kunnen deze alsnog worden gefinancierd, via gangbare financieringsroutes of door 'crowd funding'. Indien hier knelpunten bij worden gesignaleerd, dan moet bekeken worden hoe die kunnen worden weggenomen.

7.5. Energiebewustzijn, gedragsbeïnvloeding en draagvlak[21]

Energiebewustzijn

Burgers, politici en bestuurders hebben over het algemeen een laag 'energiebewustzijn'. Dat wil zeggen dat veel mensen onvoldoende beseffen hoeveel energie kost of hoeveel CO_2-emissie veroorzaakt wordt door een vliegreis, een autoritje naar de supermarkt, een jaar een koelkast gebruiken, een lamp die een avond brandt, of het eten van een kilo groente of biefstuk. Als iemand op een verjaardagsfeestje vertelt dat hij zoveel zonnecellen heeft dat hij al zijn energie zelf kan opwekken, gaat het waarschijnlijk alleen over elektriciteit, een klein deel van alle energie die dagelijks gebruikt wordt. Het potentieel van nieuwe energietechnologieën wordt bovendien vaak overschat. Het verhogen van het kennis van energie, ook door de overheid, helpt bij een evenwichtig debat over nut, noodzaak en mogelijkheden van de energietransitie.[22]

Gedragsbeïnvloeding

Gedrag van mensen verandert niet alleen door een voorlichtingscampagne of een financiële prikkel (zoals een subsidie of een belastingkorting); gedragsverandering stimuleren is veel complexer dan dat. Wat werkt dan wel? Dat gedrag en de beïnvloeding daarvan complex is kan met de volgende observaties uit onderzoek worden geïllustreerd. Klimaatvriendelijk gedrag van anderen kan voor iemand een stimulans zijn om zich ook zo te gaan gedragen. 'Slecht' gedrag wordt vaak veroorzaakt door gewoontes en om dat gedrag te veranderen moeten die gewoontes doorbroken worden. Door energiebesparend gedrag aantrekkelijker en gemakkelijker te maken, wordt energiebesparing bevorderd (bijvoorbeeld: geef niet alleen een subsidie op het isoleren van een woning, maar biedt een heel pakket aan waardoor mensen ontzorgd worden, zoals hulp bij het leeghalen van de zolder om dakisolatie aan te kunnen brengen).

De energietransitie kan gestimuleerd worden door beter gebruik te maken van kennis over gedrag van mensen en over de gedragsbepalende factoren die een rol spelen bij individueel gedrag. Alle actoren die de energietransitie willen stimuleren, moeten die gedragskennis inzetten. Overheden kunnen verschillende instrumenten gebruiken om gedrag te beïnvloeden: fysieke, technologische, juridische, economische en communicatieve. In de praktijk versterken instrumenten elkaar. Voor verschillende groepen mensen werken bovendien verschillende interventies.

Maatschappelijk draagvlak

Bij een breed maatschappelijk draagvlak verloopt de energietransitie sneller. Er zijn drie belangrijke factoren die een rol spelen bij het tot stand brengen van maatschappelijk draagvlak. Ten eerste de – gepercipieerde - verdeling van maatschappelijke en private kosten en baten. Ten tweede de mate waarin mensen vertrouwen hebben in vernieuwers, overheid en wetenschappers. Ten derde de mate waarin mensen betrokken worden bij en participeren in besluitvorming (Steg et al., 2015). Het wordt als oneerlijk

21 Deze paragraaf is sterk gebaseerd op het Rli advies Doen en Laten, effectiever milieubeleid door mensenkennis (Rli, 2014b) dat een gedragsanalysekader beschrijft waarmee gedragsbepalende factoren inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

22 Het Koninklijk Instituut Van Ingenieurs (KIVI) heeft bijvoorbeeld een handzaam boekje samengesteld waarin uitgelegd wordt wat energie betekent: De rekening voorbij, ons energiegebruik voor 85% onzichtbaar (2014).

beschouwd als kosten van de energietransitie bij de één terechtkomen en de baten bij de ander. Natuurlijk is voor dat gevoel ook de hoogte van de kosten en baten van betekenis.

Mensen accepteren energiebeleid en veranderingen in het energiesysteem eerder als ze het gevoel hebben dat ze invloed hebben kunnen uitoefenen op het beleidsproces en als ze het gevoel hebben dat dit proces volgens de democratische principes is verlopen. De betrokkenheid moet op alle niveaus gelden. Dit houdt in dat vanaf het begin tijdige en juiste informatie verschaft moet worden. Dit houdt ook in dat afwegingen en beslissingen transparant en consistent moeten zijn, en niet achteraf geïnformeerd en uitgelegd hoeven te worden. Openlijke toewijding door politici en bestuurders werkt positief. Vormen van publieke betrokkenheid of participatie die niet worden meegenomen in het proces, werken negatief (Steg et al 2015).



8

STURING VAN ENERGIETRANSITIE: ADAPTIEF NAAR HET HOOFDDOEL

Onderdeel van de kernvraag in dit advies is hoe adaptief gestuurd kan worden op het harde CO_2-doel in 2050. Niet alleen is de energietransitie omvangrijk en complex, zij brengt ook ingrijpende veranderingen teweeg in diverse andere domeinen: maatschappelijk, economisch, bestuurlijk en technisch. Bestaande belangen en structuren moeten doorbroken worden. Talloze instanties, bedrijven, belangenorganisaties, burgers, consumenten en overheden zijn betrokken bij de transitie. Er moeten obstakels weggenomen worden, zoals marktimperfecties, belemmerende instituties en hinderende regelgeving. Nieuwe technologieën, instituties en regels moeten ontwikkeld of ontworpen worden. Initiatieven die een positieve bijdrage leveren moeten ruimte krijgen. De transitie vergt grote investeringen en leidt tot belangrijke financieringsvragen. Consistentie in beleid is nodig om onzekerheden voor betrokkenen te verminderen, maar er moet ook beleidsmatig bijgestuurd kunnen worden als veranderende omstandigheden daar om vragen. De hele energietransitie speelt zich af in de Europese en mondiale context. Tegelijkertijd kunnen de veranderingen ook een belangrijke een bron van nieuwe mogelijkheden en inspiratie vormen[23].

Los van de omvang en complexiteit van de energietransitie zelf, moet worden opgelost wat de WRR (2015) het 'tijdsinconsistentieprobleem van politiek en bestuur noemt'.[24] Kortweg komt dat erop neer dat voor politici en bestuurders, net als voor iedereen, kortetermijnbelangen zwaarder wegen dan die voor de lange termijn. Om adaptief te kunnen sturen op het harde CO_2-doel in 2050, moet een manier worden gevonden om binnen de democratische processen een vaste koers naar het doel in 2050 te kunnen houden. Het beleid moet tegelijk voorspelbaar en consistent zijn én bijsturingsmogelijkheden hebben voor als dat nodig blijkt.

In de huidige netwerksamenleving zijn ketens en netwerken de organiserende principes, meer dan individuele organisaties. Sturing bestaat primair uit het aanspreken en activeren van het zelforganiserend vermogen van deze ketens en netwerken.

De raad pleit er voor om zes uitgangspunten te hanteren bij sturing:

1) Stuur actief op het wettelijke CO_2-doel in 2050, maak de aanpak tijdens de weg er naar toe adaptief

Het einddoel staat vast en is uitdrukkelijk technologieneutraal geformuleerd. Door het nationale doel van 80% tot 95% broeikasgasreductie in 2050 ten opzichte van 1990, inclusief het doel voor de energievoorziening, wettelijk vast te leggen geeft de politiek aan de samenleving en zichzelf een krachtig signaal af dat Nederland daarop koerst. Vastlegging in een wet biedt meer zekerheid dan vastlegging van afspraken in regeerakkoorden per kabinetsperiode. Verder maakt de formulering van het doel in CO_2-termen technologieneutrale sturing mogelijk, wat maximale ruimte biedt voor innovatie. Dat helpt om de private en maatschappelijke kosten

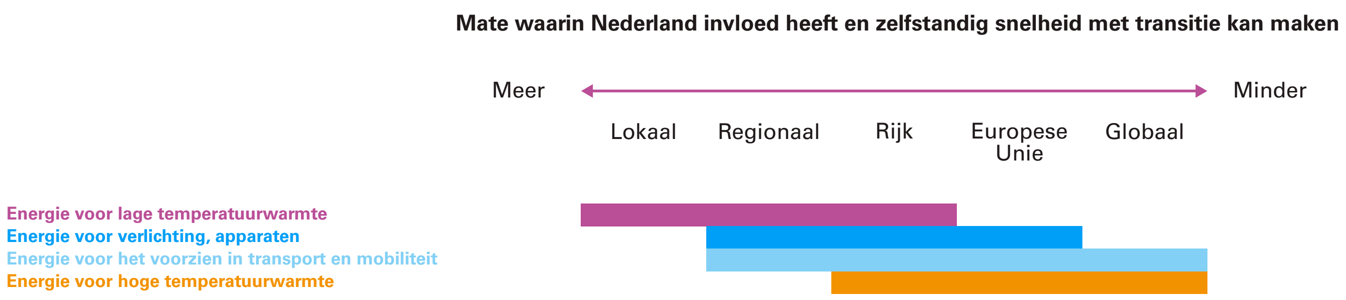
23 De raad benadrukt dat juist de onzekerheden in de energietransitie ook sterke positieve kanten hebben. Taleb introduceert het woord Antifragile: "to deal with black swans, we indeed need things that gain from volatility, variability, stress and disorder." Het idee is dat er grote voordelen te behalen zijn uit onverwachte gebeurtenissen: uit volatiliteit, variabiliteit, spanningen en de wanorde die hieruit kan voortkomen. Dit speelt in dit advies bij innovatie, maar ook op sociaal-maatschappelijk terrein.

24 Volgens de WRR (2015) zijn ook politici en bestuurders 'tijdsinconsistent' en hechten ze vaak meer aan korte- dan langetermijnbelangen. Dat komt onder meer door dreiging van electorale afstraffing, de druk van de media, en doordat op rijksniveau het kasstelsel gehanteerd wordt waarin jaarlijkse inkomsten en uitgaven centraal staan. Ook het hanteren van discontovoeten in berekeningen, waar kosten nu gemaakt worden en baten in de verre toekomst liggen, spelen een rol.

en baten over de hele periode te optimaliseren. Vanwege de lange periode van nu tot 2050, is de onzekerheid over de tussentijdse ontwikkelingen groot. Daarom is tussentijdse bijsturing noodzakelijk, met het CO_2-doel in 2050 als vast eindpunt.

2) Kies voor een gedifferentieerde aanpak per functionaliteit

De realisatie van de transitie is per functionaliteit verschillend, kies daarom expliciet voor sturing per functionaliteit in plaats van alleen per energiebron, energiedrager of per energiesector. De belangrijkste verschillen in aanpak hebben te maken met het niveau van sturing, de snelheid van de transitie, de organisatie van de sturing, de gekozen subdoelen, het niveau (ruimtelijk, bestuurlijk) waarop resultaten worden geboekt, de mate waarin technische mogelijkheden beschikbaar zijn en of sociale en technologische innovatie nodig is. Onderstaande figuur geeft per energiefunctie schematisch weer op welk niveau sturingsvragen aangepakt moeten worden en welke mogelijkheden Nederland zelf heeft. Afhankelijk van het schaalniveau passen verschillende manieren van sturing en kan Nederland meer of minder zelfstandig snelheid maken.



In de energietransitie zijn in toenemende mate meerdere organisatieniveaus relevant: van lokaal (bijvoorbeeld warmtenetten en decentrale energieopwekking) tot Europees (zoals de emissiehandel of Europese normstellingen). Door de verschuiving van een centraal naar een meer decentraal energiesysteem raken lagere overheden, zoals steden en provincies, meer betrokken bij de besluitvorming en coördinatie van het energiesysteem. De verantwoordelijkheid voor de realisatie van onderdelen van de energietransitie dient te liggen op het niveau waar dit het meest effectief en efficiënt is, maar centrale systeemtaken blijven bij de centrale overheid.

De schaalniveaus verschillen ook per functionaliteit. Geef richting aan ontwikkelingen op verschillende schaalniveaus: internationaal voor bijvoorbeeld de Europese normstelling voor efficiëntie van apparaten, nationaal voor bijvoorbeeld fiscale instrumenten voor mobiliteit en transport, decentraal voor warmtenetten. Zorg voor afstemming en wisselwerking tussen deze niveaus.

Als besluitvorming – zeker tussen landen – lastig is of niet past bij de snelheid van de voorgestelde transitie, is het zinvol om naar een ander niveau over te schakelen. Dit schakelen naar een ander niveau geldt bijvoorbeeld voor het CO_2-emissiehandelssysteem.

Per functionaliteit verschilt verder het aantal betrokken partijen. Voor lage temperatuurwarmte zijn dat vele actoren (huishoudens, vve's, particuliere verhuurders en corporaties, leveranciers en installateurs),

voor hoge temperatuurwarmte is dat een beperkt aantal partijen die bovendien minder divers van aard zijn.

3) Maak taakstellende en afrekenbare afspraken en arrangementen

Voor de gewenste adaptieve werkwijze moeten de regels van het spel helder zijn, zodat partijen elkaar weten te vinden en aanspreekbaar zijn op hun bijdrage aan het bereiken van het einddoel.
De meer dwingende wet- en regelgeving moet vanaf het begin bij het maken maken van de afspraken vanaf het begin uitdrukkelijk in beeld zijn. Deze stok achter de deur maakt duidelijk dat afspraken en arrangementen niet vrijblijvend zijn, maar gericht op het halen van het doel.

De afspraken en arrangementen moeten verder gebaseerd zijn op de volgende uitgangspunten (Weterings, 2010):

- Organiseer samenwerking tussen het technische, economische, sociale en bestuurlijke domein om tot oplossingen te komen. Dit speelt bijvoorbeeld bij innovatieprogramma's waar sociale aspecten integraal meegenomen moeten worden. De uitrol van slimme meters of slimme apparaten, bijvoorbeeld, kan stranden als dit onvoldoende gebeurt omdat privacyaspecten weerstand oproepen.
- Help betrokken organisaties, decentrale energie- of besparingsprojecten zich te organiseren. Zij spelen een belangrijke rol in de transitie.
- Maak koppelingen tussen kortetermijnactiviteiten en -experimenten en langetermijndoelstellingen: al doende leren.

Maatschappelijke initiatieven moeten in de arrangementen de ruimte krijgen, waardoor veranderkrachten geactiveerd worden en maatschappelijke partijen gemotiveerd blijven. De 'framing' van de gewenste verandering moet daarom aansluiten bij de belangen en waardepatronen van belanghebbenden, zowel privaat als publiek. De diverse 'frames' dienen onderling uiteraard wel consistent te zijn. Immers, het einddoel blijft gelijk. Ruimte betekent ook de mogelijkheid tot experimenteren en fouten maken, dus ook hier geldt: al doende leren.

4) Leg een steeds dwingender regime van stimulering en wetgeving op als dat nodig blijkt te zijn

De invulling van die verantwoordelijkheid verschuift van sturing vanuit een centrale 'government' naar sturing via 'governance'. De sturing door de overheid moet elk onderdeel van het netwerk optimaal laten bijdragen aan het algemene doel.
Dit vraagt om een overheid die verbindingen legt tussen partijen, die stimuleert, vertrouwen geeft, belemmeringen wegneemt en meedenkt. Dit kan door algemene doelen te stellen en te promoten (betekenisgeving, 'branding'), het organiserend vermogen te versterken van partijen die deel uitmaken van de transitie, coproductie te stimuleren, te toetsen, prikkelen en belonen en door leereffecten te organiseren[25]. De overheid moet veel kennis hebben van het zelforganiserende vermogen van de samenleving om daarop te kunnen aanhaken en gericht (kleine) interventies te kunnen plegen.

25 Een term die hiervoor wel wordt gebruikt is 'betweenness centrality' (toegeschreven aan Freeman, L.C. (1977)).

Uiteindelijk draagt de overheid wel degelijk in al deze arrangementen systeemverantwoordelijkheid en haar rol is om publieke belangen te borgen. Dit houdt in: een steeds dwingender regime opleggen als dat voor de transitie nodig mocht blijken te zijn. Dat dwingende moet vanaf het begin het vooruitzicht zijn om te voorkomen dat ze uiteindelijk nodig wordt.

5) Maak de politieke en bestuurlijke processen bestendig

De WRR (De Goede, 2015) beschrijft een aantal mogelijkheden om de sturing op de lange termijn te versterken. De raad adviseert deze mogelijkheden expliciet bij de uitwerking van het sturingsmodel expliciet te betrekken:

- Depolitisering van de sturing van de energietransitie is noodzakelijk om de benodigde trendbreuken te realiseren en het doel in 2050 te realiseren. De sturing van de energietransitie kan gedepolitiseerd worden door een – ambtelijke - organisatie in te richten die niet direct onder politieke verantwoordelijkheid valt. De WRR (De Goede, 2015) noemt de onafhankelijkheid van de centrale bank als voorbeeld. De centrale bankiers worden voor een lange periode door de regering benoemd en zijn daarom niet afhankelijk van verkiezingen of die regering. Ze kunnen zich in hun beslissingen richten op zaken voor de lange termijn, zoals prijs-stabiliteit, zonder dat politieke dagkoersen de overhand krijgen.
- Het kan moeilijker gemaakt worden om vastgesteld klimaatbeleid later te veranderen door bijvoorbeeld minder ontsnappingsclausules op te nemen, of door vast te leggen dat latere amendementen een gekwalificeerde meerderheid moeten hebben. Ook kan nadrukkelijke verbinding tussen nationale wetgeving en internationale verdragen het beleid bestendiger maken.
- Geef een onafhankelijke organisatie bevoegdheden om toezicht te houden en om te handhaven, zowel in de context van het CO_2-doel in 2050, als van de subdoelen. Dit wordt toegelicht in uitgangspunt zes verderop.
- In de beleidsontwikkeling kan slim gebruik worden gemaakt van positieve padafhankelijkheden naar de toekomst, mits dat in kleine stapjes gaat om bij te kunnen sturen als veranderende omstandigheden daar om vragen.
- Een onpartijdige en onafhankelijke ‘energietransitieorganisatie’ kan helpen om relevante vraagstukken politiek te agenderen en zo nodig te escaleren. Bij deze organisatie zou iedereen aspecten van de energietransitie moeten kunnen aankaarten.

6) Kies expliciet een organisatievorm voor de monitoring en versnelling

De raad acht een organisatievorm nodig die kan toetsen of de transitie op koers ligt, waarom vertraging optreedt, en die verdere versnelling mogelijk maakt. Een organisatievorm die partijen kan stimuleren, aanspreken, bijsturen of uiteindelijk zelfs straffen. Die organisatie moet ook dienst doen als loket waar mensen terechtkunnen met vragen, ideeën, kansen en problemen.

Als inspiratie kan gekeken worden naar Denemarken en het Verenigd Koninkrijk (Notenboom, 2015)(Notenboom, Nielsen 2015). In Denemarken is in een breed gedragen akkoord (2012 – 2020) als doel geformuleerd om in 2050 een fossielvrije energievoorziening te hebben. De beleidscoördinatie

vindt plaats vanuit het Ministerie voor Energie, Klimaat en Nutsbedrijven. Hier komen, met uitzondering van mobiliteit, alle energiefuncties samen. Het Verenigd Koninkrijk kent een klimaatwet –een kaderwet- met daarin vastgelegd dat de overheid verplicht is om in 2050 tenminste 80% minder CO_2 uit te stoten dan in 1990. De naleving van de wet wordt gemonitord door een Committee on Climate Change (CCC, 2015).

Bij het kiezen van de organisatievorm adviseert de raad de hierboven aangegeven vijf uitgangspunten te hanteren.

Daarnaast merkt de raad op dat een ambitieuze inzet door Nederland, ook in internationaal verband, leidt tot grote economische structuurveranderingen. Deze ambitieuze uitdaging kan alleen gerealiseerd worden als de transitie wordt bewaakt door een onafhankelijke persoon of instantie die op afstand staat van de belangen die hier spelen. Ook op basis hiervan moet de verdere detaillering gekozen worden. De raad pleit voor een regeringscommissaris die deze transitie aanjaagt, bewaakt en langjarig (los van kabinetswisselingen) heen waarmaakt.

De organisatievorm moet samen met het doel in de wet vastgelegd worden, alleen op deze wijze zijn de taken en verantwoordelijkheden scherp belegd bij het aangaan van de afspraken en maatschappelijke arrangementen voor elk van de energiefunctionaliteiten, meteen al bij de aanvang van de transitie naar 2050.

LITERATUUR

Boot, P., De Jong, J., Hoogervorst, N. (2015). *Reflections on coordination mechanisms: For accommodating Increasing Amount of Wind and Solar in the Power Market.* Den Haag: Clingendael International Energy Programme.

Centraal Planbureau, Planbureau voor de Leefomgeving, Sociaal en Cultureel Planbureau (2014). *Monitor Duurzaam Nederland 2014: verkenning; Uitdagingen voor adaptief energie-innovatiebeleid.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

College van Rijksadviseurs (2015). *Leegstand op het platteland, deel 2: Ontwerpend onderzoek naar kansen voor energietransitie*. Den Haag.

Committee on Climate Change (UK) (2015). *Reducing emissions and preparing for climate change: 2015 Progress Report to Parliament Summary and recommendations.*

Daniëls, B., Koelemeijer, R., Longa, F. Dalla, Geilenkirchen, G., Meulen, J. van der, Smekens, K. en Stralen, J. van (2014). *EU-doelen klimaat en energie 2030: impact op Nederland.* Petten: ECN.

De Goede, P.J.M. (2015). *Wie dan leeft, wie dan zorgt? Klimaatverandering en het gebrek aan langetermijngerichtheid van politiek en bestuur.* Wetenschappelijk Raad voor het Regeringsbeleid. Den Haag.

Delft University of Technology, Eindhoven University of Technology, University of Twente, TNO, Wageningen University en Research Centre and STW (2015). *Agenda voor Nederland inspired by technology.* Delft: TU Delft.

European Commission (2012). *Energy roadmap 2050*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Fraunhofer ISE (2015). *Current and future cost of photovoltaics; Long-term scenarios for market development, system prices and LCOE of utility-scale pv-systems.* Study on behalf of Agora Energiewende. Freiburg.

G7 (2015). *Think ahead. Act together. An morgen denken. Gemeinsam handeln*. Leaders' Declaration G7 Summit, 7–8 June 2015. Schloss Elmau.

German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (2015). *White paper An electricity market for Germany's energy transition*.

Global Wind Energy Council (GWEC). Greenpeace International en European Renewable Energy Council (EREC) (2013). *Energy [r]evolution: a sustainable Netherlands energy outlook.*

Hekkenberg, M. en Verdonk, M. (2014). *Nationale Energieverkenning 2014.* Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

International Energy Agency (IEA) (2013a). *Technology Roadmap. Energy-efficient buildings: heating and cooling equipment.* Parijs.

International Energy Agency (IEA) (2013b). *Technology Roadmap: energy efficient building envelopes.* Parijs.

International Energy Agency (IEA) (2014a). *World Energy Outlook 2014*. Parijs.

International Energy Agency (IEA) (2014b). *Energy technology perspectives 2014: harnessing electricity's potential*. Parijs.

International Energy Agency (IEA) (2015). *Energy Technology perspectives 2015: mobilising innovation to accelerate climate action*. Parijs.

Kerkhoven, J., Wirtz A. en Kruip, C. (2015). *Beelden van een CO_2-arme Nederlandse samenleving in 2050. Verkenning voor de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur*, Quintel Intellegence, Amsterdam.

Knopf, B, Chen, H.Y-H, Cian, E. de, Förster, H, Kanudia, A, Karkatsouli, I, Keppo, I, Koljonen, T., Schumacher, K. en Vuuren, D.P. van (2013). Beyond 2020: strategies and costs for transforming the European energy system. *Climate Change Economics,* 4 (1), 1-39.

Koninklijk Instituut Van Ingenieurs (KIVI) (2014). *De rekening voorbij: ons energiegebruik voor 85% onzichtbaar.* Den Haag.

Lester, R.K. en Hart, D.M. (2012). *Unlocking energy innovation: how America can build a low-cost, low-carbon energy system*. Cambridge MA, USA: The MIT Press.

Ministerie van Buitenlandse Zaken (2014). Verslag Europese Raad van 23 en 24 oktober 2014. Klimaat- en Energiepakket 2030. Tweede Kamer (2014). *Speech to the European Council by Martin Schulz, President of the European Parliament.* Vergaderjaar 2014-2015, bijlage bij 21501-20, nr. 922.

Ministerie van Economische Zaken (2015). *Kamerbrief over knelpunten uitvoering warmtewet*. Den Haag.

Molenbroek, M., Smith, M., Groenenberg, H., Waide, P., Attali, S., Fischer, C., Krivošik, J., Fonseca, P., Santos, B. en Fong, J. (2014). Final technical report; *Evaluation of the Energy Labelling Directive and specific aspects of the ecodesign directive.* Utrecht: Ecofys.

Netbeheer Nederland (2011). Net voor de toekomst: *Verkenning van de impact van de verduurzaming op de energie-infrastructuur.* Arnhem.

Notenboom, J., Nielsen, J. (2015). Het Deense energieakkoord: springplank naar de toekomst. Internationale Spectator 1 – 2015 (jrg. 69) – Item 12 van 17.

Notenboom, J., Ybema, R. (2015). *De energietransitie kent geen blauwdruk: wat Nederland kan leren van zijn buurlanden.* TPEdigitaal 2015 jaargang 9 (2) pagina 129-148

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2013). *Ruimte en energie in Nederland: een korte verkenning*. Den Haag.

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) (2011). *Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden*. Den Haag: PBL.

Powermatching City II (2013). *Wonen en ondernemen in de energiewereld van morgen.* Een initiatief van DNV-GL, Enexis, TNO, Gasunie, Essent, ICT automatisering, TU Delft, TU Eindhoven en Hanzehogeschool Groningen. Arnhem: DNV GL.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2013). *Nederlandse logistiek 2040: designed to last*. Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2014a). *De toekomst van de stad: de kracht van nieuwe verbindingen.* Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2014b). *Doen en Laten: effectiever milieubeleid door mensenkennis*. Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2015a). *Circulaire economie, van wens naar uitvoering.* Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2015b). *Verkenning technologische innovaties in de leefomgeving*. Den Haag.

Raden voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) (2011). *Remmen los, advies over versnelling van de energietransitie*. Den Haag.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) (2013). *En Route! In 2030 een duurzame en concurrerende industrie.* In opdracht van VNO-NCW en de Ministeries van EZ en BZK (WWI). Utrecht: Agentschap NL.

Schepers, B.L. en Aarnink, S.J. (2014). *Kansen voor warmte: het technisch potentieel voor warmtebesparing en hernieuwbare warmte; - Update van 200-200 in 2020*. Delft: CE Delft.

Schepers, B.L., Naber, N.R., Rooijers, F.J. en Leguijt, C. (2015). *Op weg naar een klimaatneutrale gebouwde omgeving 2050.* Delft: CE Delft.

Sociaal-Economische Raad (SER) (2013). *Energieakkoord voor duurzame groei.* Den Haag.

Sociaal-Economische Raad (SER) (2014). *Een duurzame brandstofvisie met LEF: de belangrijkste uitkomsten uit het SER-visietraject naar een duurzame brandstoffenmis in Nederland*. Den Haag.

Sociaal-Economische Raad (SER) (2015). *Werkconferentie Financiering Energieakkoord.* Geraadpleegd via: https://www.ser.nl/nl/actueel/congressen/2015/20150528-energieakkoord.aspx.

Steg, L., Perlaviciute, G. en Werff, E. van der (2015). *Understanding the human dimensions of a sustainable energy transition. Frontiers in Psychology, 6* (805), doi: 10.3389.

Sijmons, D., Hugtenbrug J. en Hoorn van A. (2014). *kWh/m² Landschap en energie, ontwerpen voor transitie.* Rotterdam: NAI010 Uitgevers.

Taleb N.N. (2012). Antifragile. *How to Live in a World We Don't Understand.* Penguin Books Ltd.

The Economist Intelligence Unit (EIU) (2015). *The cost of inaction: recognising the value at risk from climate change.* Londen.

Tigchelaar, C en Leidelmeijer, K. (2013). *Energiebesparing: een samenspel van woning en bewoner; Analyse van de module Energie WoON 2012.* Petten: ECN.

Topsector Energie (2015). *Innovatiethema Energiebesparing in de industrie.* RVO.nl.

TU Delft (2015). *Het Delft plan: Nederland als energy gateway*. Delft.

Tweede Kamer (2015). *Duurzame ontwikkeling en beleid. Brief van de staatssecretaris infrastructuur en milieu aan de Tweede Kamer van 10 juli 2015.* Duurzame Brandstofvisie en uitvoeringsagenda. Vergaderjaar 2014-2015, 30 196, nr. 353.

Tweede Kamer (2015). *Vaststelling van de begrotingsstaten van het Ministerie van Economische Zaken (XIII) en het Diergezondheidsfonds (F) voor het jaar 2015 op 16 september 2014.* Vergaderjaar 2014-2015, 34 000 XIII, nr. 1.

Tweede Kamer (2015a). *Duurzame ontwikkeling en beleid. Brief van de minister van Economische Zaken aan de Tweede Kamer van 2 april 2015.* Warmtevisie. Vergaderjaar 2014-2015, 30 196, nr. 305.

Vollebergh, H. (2014). *Fiscale vergroening: uitdagingen voor de belastingen op energie.* PBL Policy Brief. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Vringer, K., Middelkoop M. van en Hoogervorst, N. (2014). *Energie besparen gaat niet vanzelf: evaluatie energiebesparingsbeleid voor de gebouwde omgeving.* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Warringa, G.E.A. en Rooijers, F.J. (2015). Verkenning functionele energie vraag en CO_2-emissies tot 2050. Delft: CE Delft.

Weterings, R. (2010). Werk in uitvoering; *Ervaring met het Nederlandse transitiebeleid.* Utrecht: Competentiecentrum Transities.

Weterings, R., Harmelen, T., van, Gjaltema, J., Jongeneel, S., Manshanden, W., Poliakov, E., Faaij, A., Broek, M. van den, Dengerink, J., Londo, M. en Schoots, K. (2013). *Naar een toekomstbestendig energie-systeem voor Nederland.* TNO in samenwerking met Universiteit Utrecht (Copernicus Instituut) en ECN. Delft. TNO.

Wijngaart, R van den, Folkert, R. en Middelkoop, M. van (2014). *Op weg naar een klimaatneutrale woningvoorraad in 2050; investeringsopties voor een kosteneffectieve energievoorziening.* Beleidsstudie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

BIJLAGE 1



ADVIESAANVRAAG

Ministerie van Economische Zaken

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

Raad voor de Leefomgeving en infrastructuur
T.a.v. de heer mr. H.M. Meijdam
Postbus 20906
2500 EX DEN HAAG

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging

Bezoekadres
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

Postadres
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Factuuradres
Postbus 16180
2500 BD Den Haag

Overheidsidentificatienr
00000001003214369000

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/ez

Behandeld door
drs. T. de Vries

T 070 379 8876
F 070 379 7841
t.devries1@minez.nl

Ons kenmerk
DGETM / 14186766

Bijlage(n)
1

Datum 09 DEC. 2014
Betreft Adviesaanvraag RLI voor advies ten behoeve van het Energierapport 2015

Geachte heer Meijdam,

Hierbij verzoek ik de Raad voor de leefomgeving en Infrastructuur (RLI) een advies uit te brengen dat de basis zal vormen voor het Energierapport 2015.

Achtergrond
Voor de lange termijn ligt er de concrete (EU-)ambitie om uiterlijk in 2050 een volledig duurzame energievoorziening te realiseren. De energievoorziening dient bovendien betaalbare energie te leveren voor consumenten en voor bedrijven en betrouwbaar te zijn, waarbij de leveringszekerheid (nationaal) en voorzieningszekerheid (internationaal) geborgd zijn. Met het Energieakkoord voor duurzame groei (2013) is gewerkt aan breed maatschappelijk draagvlak voor concrete acties gericht op het behalen van de Nederlandse duurzaamheidsdoelen voor 2020/23. De Europese Raad heeft bovendien in oktober 2014 de Europese klimaat- en energiedoelen voor 2030 vastgesteld.

Tegelijkertijd lopen op uiteenlopende terreinen de spanningen op korte termijn op: conflicten in het Midden-Oosten en Oekraïne en de gevolgen voor de voorzieningszekerheid; aardbevingen in Groningen en de veiligheid van bewoners; prijsverschillen met landen binnen en buiten Europa en het concurrentievermogen van bedrijven; het streven naar een Europese Energie Unie terwijl lidstaten individueel hun energiemix bepalen; de toename van intermitterende energiebronnen en de druk op het elektriciteitssysteem; afname van de eigen gasproductie en de rol van gas in onze energievoorziening; decentrale duurzame opwekkers en onzekerheden over financiële ondersteuning; de (ruimtelijke) inpassing van hoogspanningsmasten, windmolens, gasopslag en schaliegas en de maatschappelijke weerstand daartegen. Het is maar een greep uit de onderwerpen die vragen om concrete beleidsacties en die ieder voor zich doorwerken op de lange termijn. Daarbij rijst de vraag of de huidige beleidslijnen op de lange termijn wel voldoende in staat zijn om een duurzame, betrouwbare en betaalbare energievoorziening te blijven borgen in een veranderende wereld.

Pagina 1 van 4

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging

Ons kenmerk
DGETM / 14186766

Met de veelheid aan ontwikkelingen, doelstellingen en ambities is er de (politieke) behoefte aan een nieuwe integrale en strategische visie op de energievoorziening in Nederland. In het Energierapport 2015 zal het kabinet de hoofdlijnen van het energiebeleid en een robuuste beleidsagenda voor de korte en middellange termijn vastleggen. Publicatie hiervan is voorzien eind 2015.

Adviesvraag

De Raad voor de leefomgeving en Infrastructuur (RLI) wordt verzocht een advies uit te brengen dat bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Schets op basis van trends en ontwikkelingen enkele scenario's voor de energievoorziening in Nederland op middellange termijn, waarbij het einddoel een volledig duurzame energiehuishouding in 2050 is.
2. Formuleer op basis van deze scenario's de beleidsopgaven richting 2035, in Nederlands, Europees en internationaal verband, rekening houdend met inherente onzekerheden en te identificeren kansen en dilemma's.

De raad wordt verzocht het advies uiterlijk in augustus 2015 op te leveren. De afspraken die in overleg met uw raad zijn gemaakt over de organisatie van het adviestraject zijn opgenomen in de bijlage bij deze brief. Tevens worden in die bijlage enkele belangrijke trends, ontwikkelingen, onzekerheden en dilemma's geschetst.

H.G.J. Kamp
Minister van Economische Zaken

Pagina 2 van 4

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging

Ons kenmerk
DGETM / 14186766

Bijlage

Organisatie van het adviestraject
Door de RLI wordt een raadscommissie onder voorzitterschap van dhr. Meijdam ingesteld ten behoeve van het advies voor het Energierapport. Hieraan zullen 1 á 2 leden van de RLI deelnemen, naast ongeveer 6 externe leden met kennis van het energiedomein (onderzoek, techniek, bestuur, markt, financieel).

De adviesgroep organiseert een open proces, waarbij 'stakeholders' uit het energieveld in de gelegenheid worden gesteld inbreng te leveren voor het advies. Hiermee betracht de adviesgroep een gedragen en herkenbaar advies tot stand te brengen.

De adviesgroep organiseert op een zo efficiënt mogelijke wijze de informatie-uitwisseling en interactie met het Ministerie van EZ en met andere departementen, zodat beschikbare (beleids)kennis optimaal benut kan worden en de overdracht van het advies, als input voor het Energierapport 2015, zo soepel mogelijk kan plaatsvinden. Binnen EZ worden daartoe gedurende het adviestraject de benodigde middelen en mensen beschikbaar gemaakt.

Nadere afspraken kunnen worden gemaakt over aanvullend budget ten behoeve van advisering over en doorrekening van de scenario's en beleidslijnen, bijvoorbeeld door inhuur van ECN, PBL, CPB of andere experts.

Trends en ontwikkelingen
Binnen het energiedomein zijn de diverse ontwikkelingen te onderscheiden. Interessant is de vraag: welke trends zijn beïnvloedbaar en welke niet? Enkele voorbeelden:

1. Verbruik. Het mondiaal energieverbruik stijgt sterk: tot 2035 met een derde. Verbruik in OESO-gebied stabiliseert echter. Het energieverbruik van eindverbruikers in Nederland vertoont sinds 2004 een licht dalende trend.
2. Beschikbaarheid. Mondiaal zijn er nog ruim voldoende energiebronnen aanwezig. De Nederlandse energiehuishouding is gevoelig voor ontwikkelingen in het buitenland. De relatief hoge gasprijs (in vergelijking met de VS) heeft gevolgen voor de concurrentiekracht van met name grootverbruikers.
3. CO2 uitstoot. Er is een sterke stijging CO2-uitstoot in opkomende landen. China 28%, VS 14%, Europa 10% mondiale CO2-emissie; per capita: China 7,2 resp. Europa 6,8 ton CO2.
4. Energiemix. Hernieuwbare energie zal een groter onderdeel uitmaken van de Europese energiemix. Het gasverbruik en de gasproductie in Nederland zullen de komende jaren verder dalen. Nederland maakt tussen 2025 en 2030 de omslag van netto-exporteur naar netto-importeur van aardgas. Elektriciteitsopwekking uit kolen stijgt eerst, maar daalt later. Nederland (en Europa) worden meer en meer afhankelijk van geïmporteerde energie. In de EU faseren de meeste kerncentrales uit richting 2040.
5. Ruimte. Energieopwekking en –infrastructuur zullen meer van de toch al schaarse ruimte vragen.

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging

Ons kenmerk
DGETM / 14186766

6. Energierekening. De kosten voor energie stijgen voor de eindgebruiker. Belangrijke elementen zijn: duurdere winning en transport, investeringen in infrastructuur, hogere prijs duurzaam, kosten klimaatbeleid en opvang van flexibele elektriciteitsproductie.
7. Het economische belang van duurzaam zal toenemen. De wereldwijde investeringen in duurzame energie zijn gestegen van $60 mrd in 2000 naar $250 mrd nu (ter vergelijking: fossiel gerelateerd $ 1100 mrd). De kosten van hernieuwbare energie dalen ook. Echter, hernieuwbare energie zal pas op lange termijn rendabel zijn.
8. De gasbaten vormen op dit moment bijna 10% van de overheidsinkomsten. De gasbaten zullen afnemen naarmate de productie verder afneemt.
9. De toename van intermitterende, duurzame elektriciteit zet het elektriciteitssysteem onder druk. Lage groothandelsprijzen ondermijnen het verdienmodel van (traditionele) marktpartijen. Van het transportnet wordt een grotere flexibiliteit vereist. Opslag en vraagsturing zullen aan betekenis toenemen.
10. De toegenomen verhandelbaarheid van energie trekt andere spelers aan dan energiebedrijven en –consumenten, zoals indexbeleggers, vermogensbeheerders en prosumers.
11. De overheidsbetrokkenheid in het energiedomein neemt in veel landen toe. De rol van nationale oliebedrijven en subsidies voor duurzame energie zijn hier voorbeelden van.

Onzekerheden en dilemma's

a. Draagvlak. Door stijgende (eind)prijzen en een groter ruimtebeslag kan het maatschappelijk draagvlak voor energiebeleid en –projecten afnemen.
b. Technologische ontwikkeling. Hoe de energiemix in 2050 eruit zal zien, is onzeker door de voortgaande technologische ontwikkeling, óók in het domein van fossiele brandstoffen. Daarmee is ook de impact op de ruimtelijke ontwikkeling, centraal-decentraal, energiesysteem, marktordening, investeringsbereidheid, leveringszekerheid etc. onzeker.
c. Alle energie-opties hebben nadelen binnen één van de domeinen betrouwbaarheid, betaalbaarheid en duurzaamheid. Opties als kernenergie, CO2-opslag en duurzame energie lijken essentieel voor het 2050 doelbereik. Tegelijkertijd kan gebruik van fossiele brandstoffen zorgen voor lock-ins.
d. Concurrentievermogen. Nederland heeft een relatief grote energie-intensieve industrie. Technologische ontwikkeling, energieprijzen en klimaatbeleid hebben een belangrijke impact op de concurrentiekracht van betreffende bedrijven. Onzeker is of deze sectoren zich kunnen omvormen of versterken.
e. Energiebesparing. In veel gevallen is energiebesparing economisch aantrekkelijk, maar vinden investeringen niet plaats. Tegelijkertijd geldt dat verhoging van energie-efficiëntie niet automatisch leidt tot minder energiebesparing (reboundeffect).
f. Internationaal. De vraagstukken in het energiebeleid en het klimaatbeleid zijn Europees en mondiaal, interdependenties nemen toe. Het speelveld is divers en politiek, waardoor de mate van samenwerking in Europa en daarbuiten onzeker is.

Directoraat-generaal Energie, Telecom & Mededinging

Kenmerk
DGETM / 14198806

Bijlage

Samenstelling RLI-commissie energieadvies
Henry Meijdam (vz)
(voorzitter Rli)

Marjolein Demmers
(raadslid Rli, directeur duurzaamheid DHV RH)

Coby van der Linde
(Directeur CIEP (Clingendael), internationale kennis en netwerk)

Tim van der Hagen
(hoogleraar Reactor Fysicus (TU Delft), Raadslid Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI)

Paul Schnabel
(hoogleraar sociaal en cultureel beleid, ex SCP)

Michiel Boersma
(voormalig CEO Essent. Was boegbeeld topsector energie)

Manon Jansen
(CEO Ecofys. Is boegbeeld topsector energie)

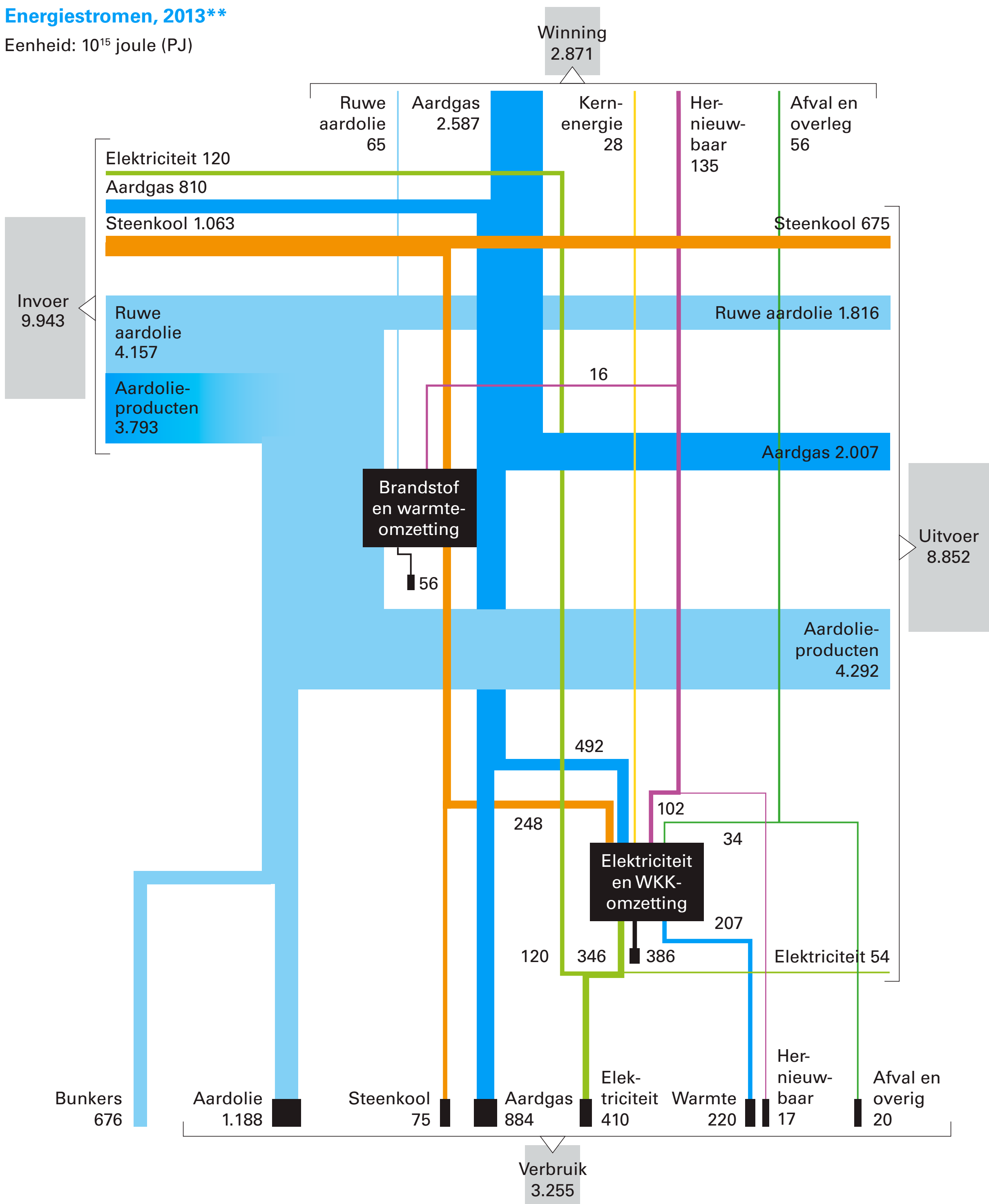
Marga Hoek
(duurzaamheid, Groene Zaak)

BIJLAGE 2

ENERGIESTROMEN IN NEDERLAND

In Figuur 2-1 staat een stroomdiagram waarin de Nederlandse energievoorziening wordt weergeven met behulp van energiestromen (een zogenoemd Sankey-diagram). De figuur geeft de invoer en winning van energie in Nederland weer, en de uitvoer en het verbruik van energie. De stromen zijn afgebeeld in PJ's en bevatten ook het niet-energetisch gebruik van energiebronnen[26]. Deze stromen worden in deze bijlage besproken.

Figuur 2-1 nummer Nederlandse energiestromen in 2013[27].



N.B. De som van de zwarte blokjes is het totale energieverbruik (finaal verbruik en saldi omzetting). In deze figuur zijn verschillende details verwaarloosd.

Bron: CBS

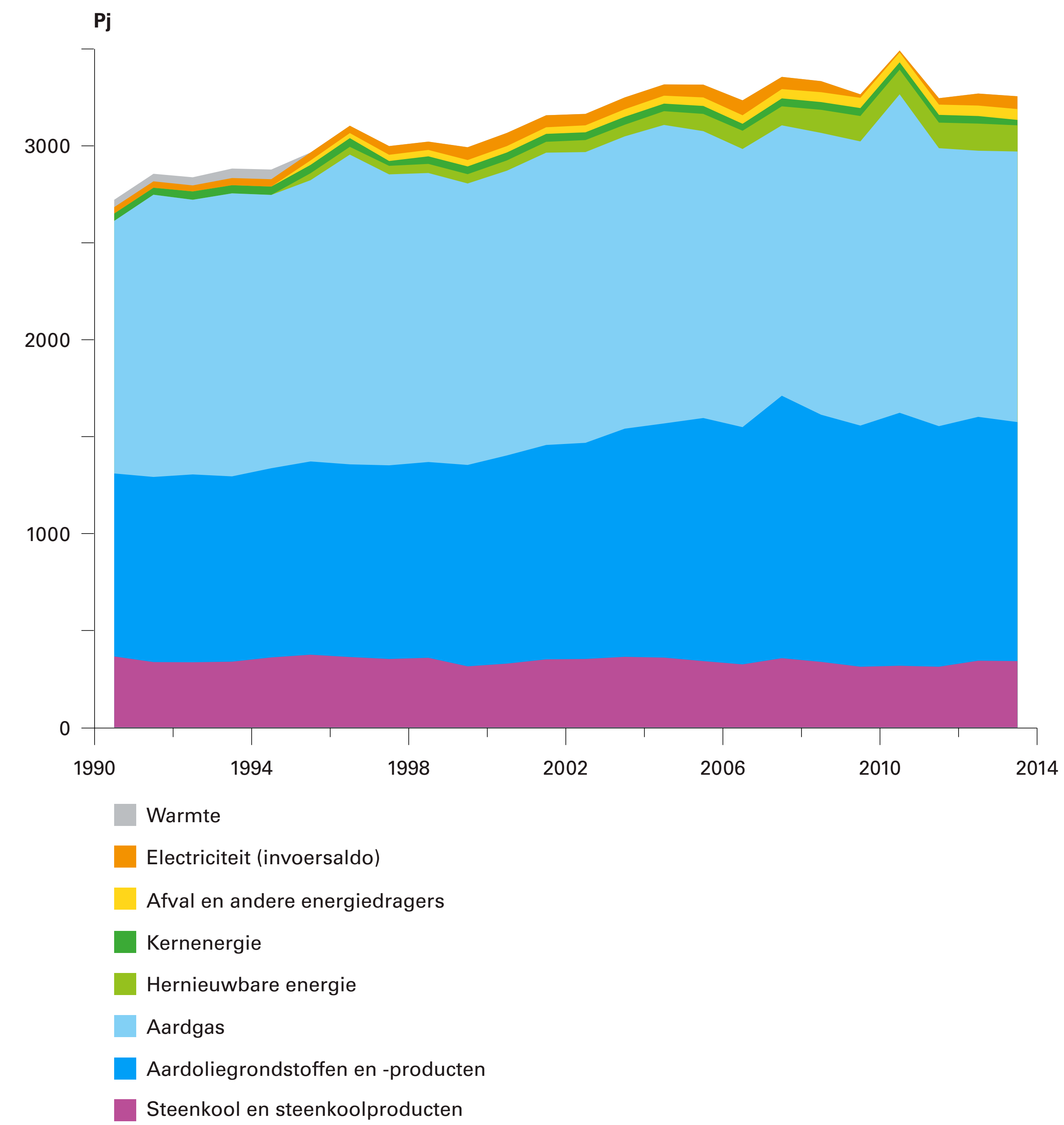
26 Verbruik als grondstof betreft het verbruik van energiedragers voor het maken van producten die geen energiedrager zijn maar waar wel de energie in is opgeslagen. Een voorbeeld is het gebruik van aardoliegrondstoffen voor de productie van plastic. Ook wel niet-energetisch finaal verbruik genoemd.

27 Bron: http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0201-Energiebalans-Nederland-%28stroomdiagram%29.html?i=6-40

Nederland, belangrijk voor de doorvoer en productie van aardolieproducten

Het finale energieverbruik in Nederland, inclusief niet-energetisch gebruik[28]. Het finale energieverbruik is de energievraag van eindverbruiksectoren (industrie, diensten, huishoudens, transport en landbouw). Elektriciteitsopwekking door de eindverbruiksectoren zelf wordt daarbij 'verplaatst' naar de energiesector. Het bruto-eindverbruik is inclusief de eigen consumptie van elektriciteit en warmte door de energiesector voor het produceren van elektriciteit en warmte en inclusief het verlies aan elektriciteit en warmte tijdens de distributie en de transmissie. De stromen worden weergegeven in Figuur 2-1, het finale energiegebruik was 3.255 PJ in 2013. Figuur 2-2 geeft een uitsplitsing naar bron voor de periode 1990-2013.

Figuur 2-2: Nederlands energieverbruik 2013 naar bron (CBS, 2013)



Bron: CBS

28 Het verbruik van transportbrandstoffen voor internationaal lucht- en scheepsvaart wordt niet meegenomen in de Energiebalans. De lucht- en scheepsvaart bunkeren veel brandstof (676 PJ) in Nederland.

Een groot deel van de ingevoerde en in Nederland gewonnen energie wordt uitgevoerd. Vooral de Nederlandse havens zijn belangrijke doorvoerhavens van ruwe aardolie en van aardolieproducten, maar ook steenkool wordt na invoer doorgevoerd naar het buitenland. Daarnaast is Nederland een belangrijk knooppunt voor aardgas. De uitvoer van aardgas (2.007 PJ) is veel groter dan het binnenlands verbruik van aardgas (inclusief aardgas gebruikt voor elektriciteitsopwekking) van 1.376 PJ. De invoer van energiedragers betreft vooral ruwe aardolie en aardolieproducten en in mindere mate aardgas, steenkool en elektriciteit. Ingevoerde ruwe aardolie wordt in Nederland deels verwerkt tot benzine, diesel en chemicaliën.

De Nederlandse economie heeft een relatief groot petrochemisch cluster: de omzet van de chemische sector lag in 2013 op bijna € 51 miljard. Ongeveer 3% van het Nederlands bruto binnenlands product wordt binnen de ketens in dit cluster gegenereerd (CBS). Nederland is daarmee na Duitsland en Frankrijk in omvang de derde chemieproducent van Europa (Cefic Chemdata International). Ongeveer 80% van de in Nederland vervaardigde chemische producten wordt geëxporteerd.

Aardgaswinning belangrijk voor Nederland

De winning van energiedragers (2.871 PJ) bestaat in Nederland voornamelijk uit aardgas. De hoeveelheid gewonnen aardolie, hernieuwbare energie en overige energiedragers is aanzienlijk kleiner.

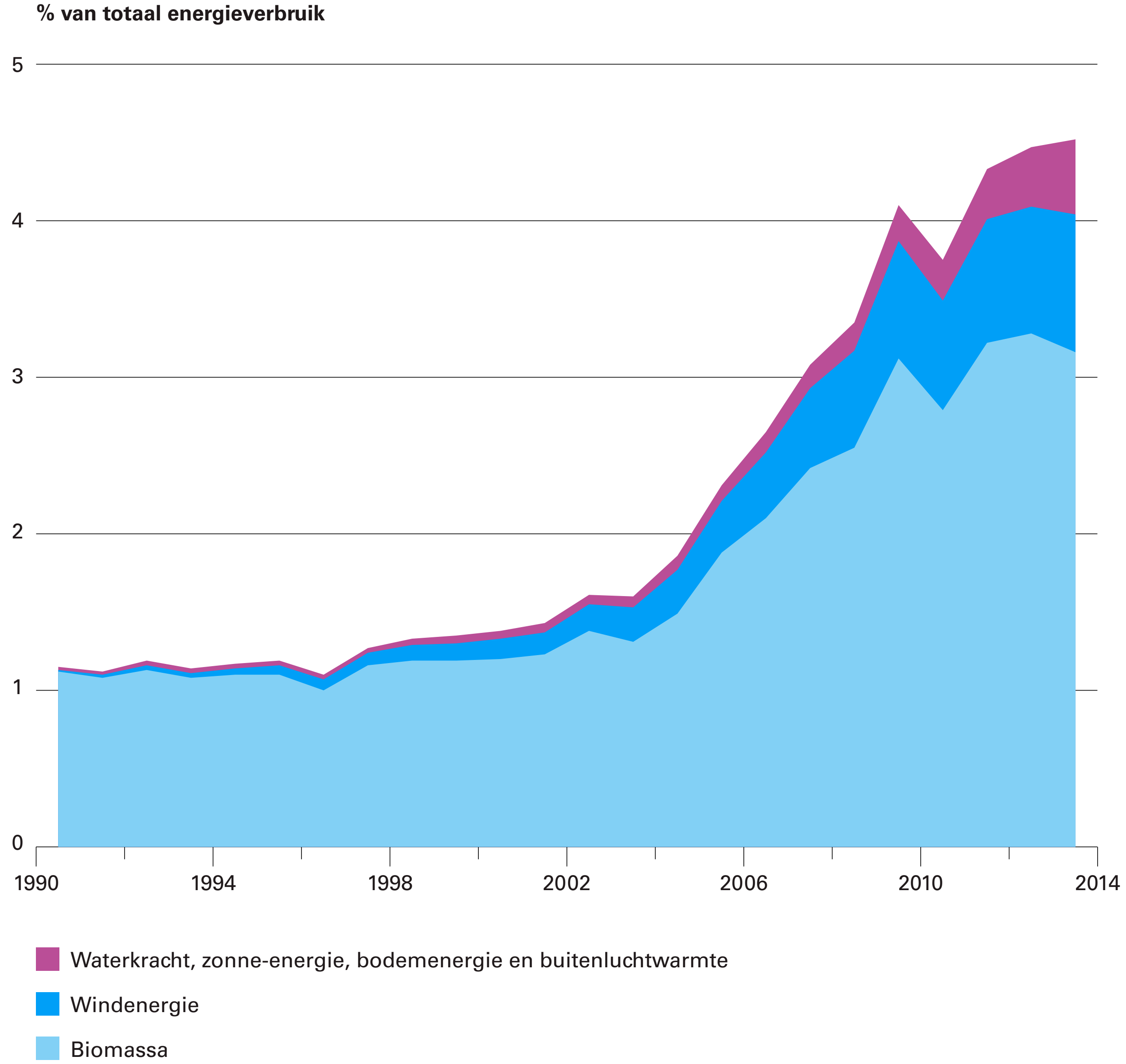
Fossiele brandstoffen de belangrijkste energiedragers

De fossiele brandstoffen aardgas, aardolie en steenkool zijn voor Nederland de belangrijkste primaire energiedragers: ongeveer 90% van het verbruik komt uit deze bronnen. Steenkool wordt omgezet in elektriciteit en vooral gebruikt bij de staalproductie. Ruwe aardolie wordt door een aantal grote raffinaderijen omgezet in diverse olieproducten voor vervoer en in grondstoffen voor de petrochemische industrie (bijvoorbeeld plastics). Aardgas wordt gebruikt voor de productie van warmte, elektriciteit en dient als grondstof voor producten (bijvoorbeeld kunstmest).

Het aandeel hernieuwbare energie is beperkt en bestaat vooral uit bio-energie

Het aandeel hernieuwbare energie van het eindverbruik in 2013 is 4,5% (zie Figuur 2-3). Dat is voornamelijk biomassa (onder andere het produceren van elektriciteit en warmte in afvalverbrandingsinstallaties, het meestoken van biomassa in elektriciteitscentrales en het verbruik van biobrandstoffen voor vervoer). Het aandeel hernieuwbare energie moet toenemen tot 14% in 2020 om te voldoen aan de doelstelling uit de EU-richtlijn hernieuwbare energie, en tot 16% in 2023 om te voldoen aan het doel uit het Energieakkoord.

Figuur 2-3: Hernieuwbare energie naar bron als aandeel van totale energieverbruik 2013



Bron: CBS

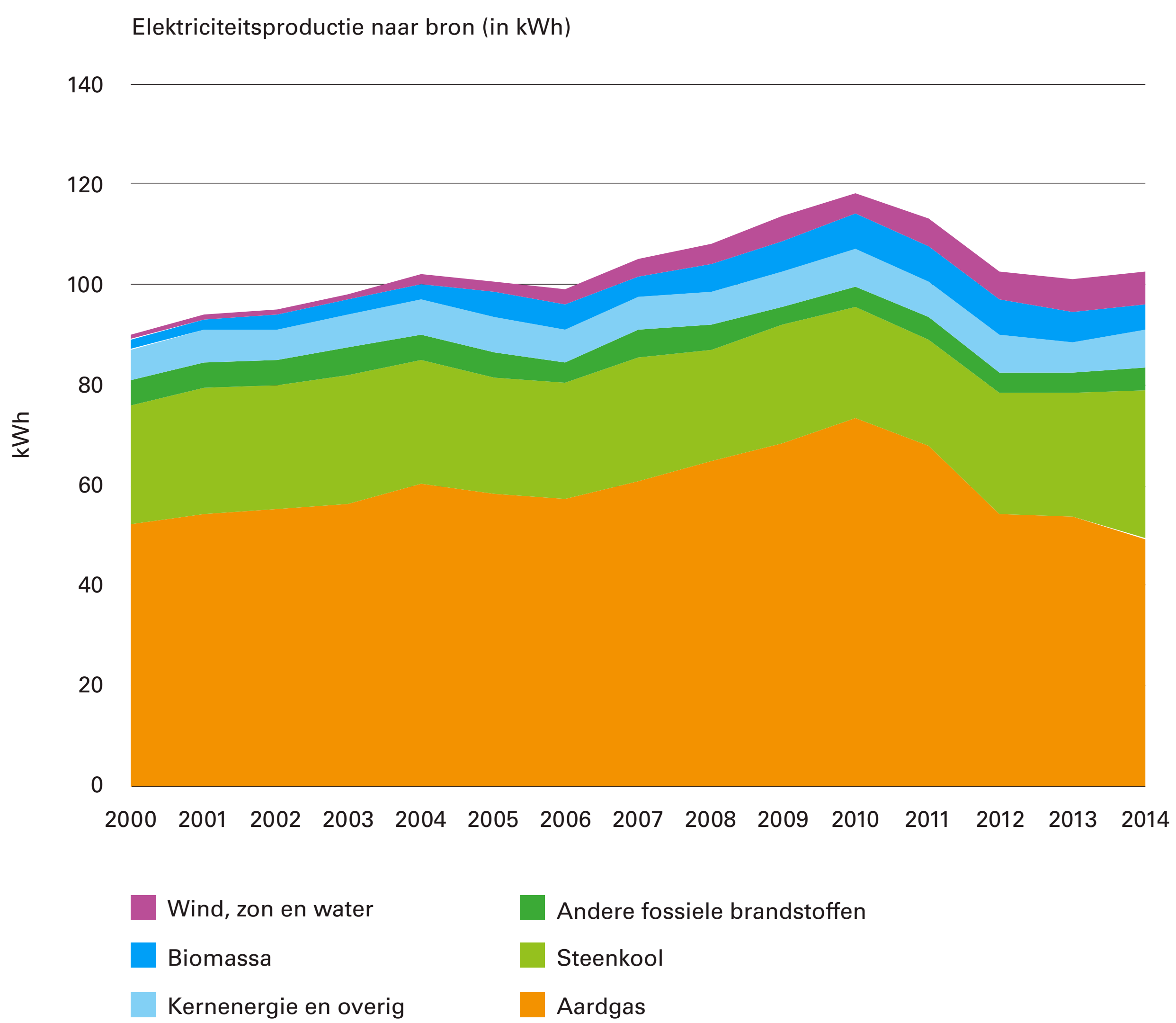
Omzetverliezen tellen

Het finale verbruik van elektriciteit was in 2013 ongeveer 115 miljard kWh (ongeveer 410 PJ), 12,6% van het totale Nederlandse energieverbruik. Elektriciteit opwekken uit conventionele bronnen gaat gepaard met forse omzettingsverliezen: 386 PJ in 2013 (zie Figuur 2-1). Elektriciteit opwekken met zon en wind brengt geen omzettingsverliezen met zich mee. Daarnaast zijn omzettingsverliezen voor elektriciteitsproductie veel groter dan voor de productie van bijvoorbeeld motorbrandstoffen en warmte. Bij vergelijkingen tussen elektriciteit (uit conventionele of hernieuwbare bronnen) en andere vormen van energie maakt het daarom veel uit of uitgegaan wordt van de primaire vraag of het finale verbruik.

De herkomst van elektriciteit

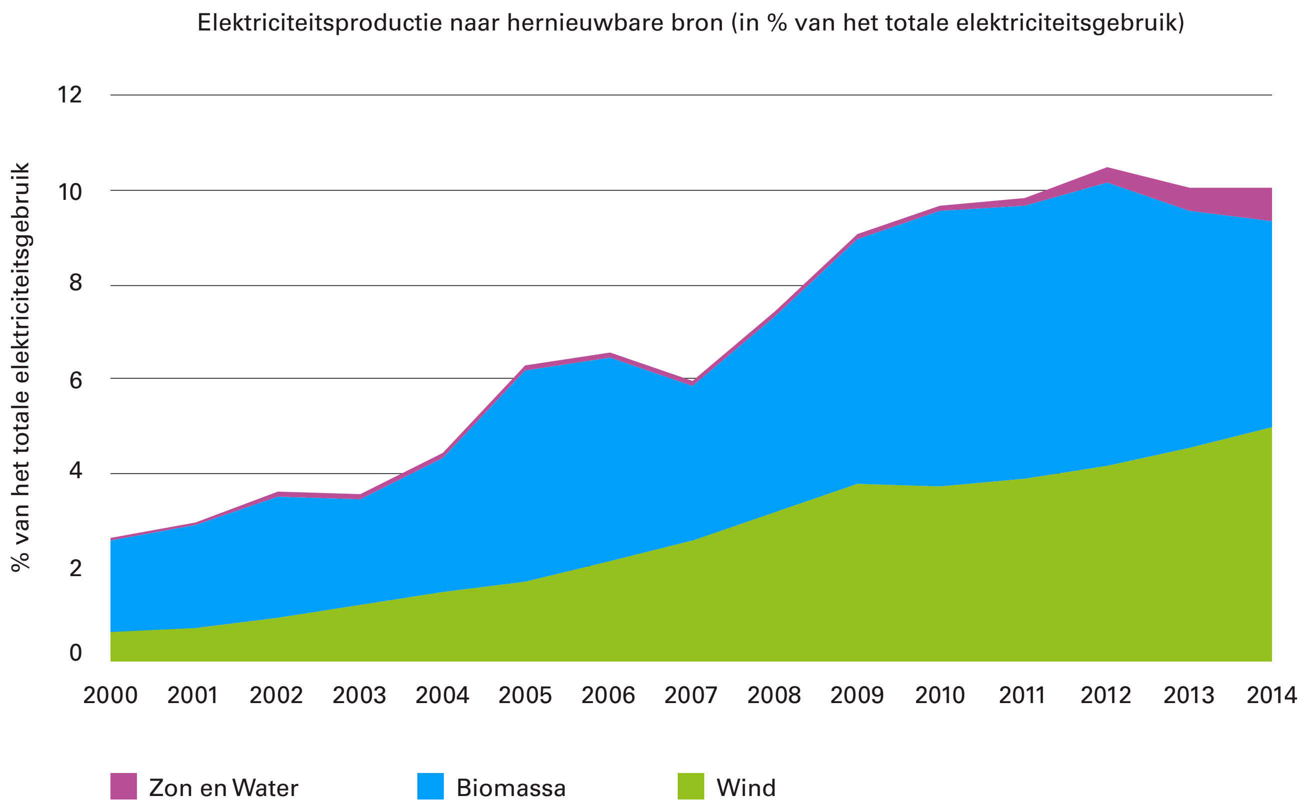
In Nederland wordt het grootste deel van de elektriciteit geproduceerd door verbranding van fossiele brandstoffen. Het aandeel elektriciteit dat in 2012 werd opgewekt met fossiele bronnen was ongeveer 81%, 12% van de elektriciteit werd opgewekt met hernieuwbare bronnen (zon, wind, water en biomassa). Zie Figuur 3-4 voor een illustratie. Figuur 2-5 geeft de uitsplitsing van de hernieuwbaar opgewekte elektriciteit naar hernieuwbare bron als percentage van het elektriciteitsgebruik.

Figuur 3-4: Elektriciteitsproductie naar bron in kWh



Bron: CBS

Figuur 3-5: Productie van elektriciteit naar hernieuwbare bron in % van het totale elektriciteitsgebruik



Bron: CBS

BIJLAGE 3

DE HUIDIGE ENERGIEVOORZIENING IN FUNCTIONALITEITEN

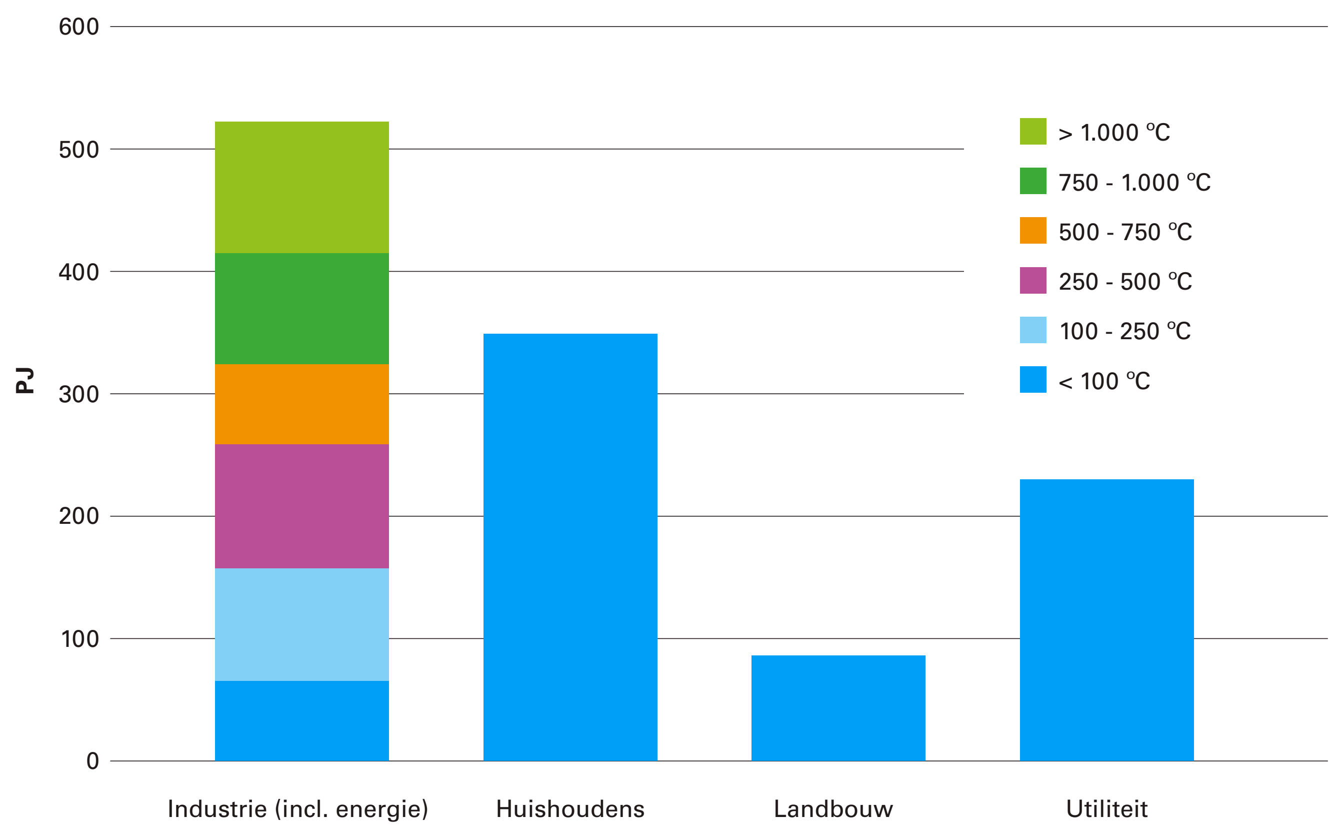
Deze bijlage beschrijft en definieert de energiefunctionaliteiten op basis van het voor dit advies opgestelde rapport ‘Primaire energievraag en CO_2-emissies tot 2050’ en de verdeling van de primaire energievraag en emissies over de functionaliteiten[29]. De getallen zijn berekend op basis van de energiebalans van het CBS uit 2012.

De raad onderscheidt vier functionaliteiten van energie en gaat er in de analyse vanuit dat de totale energievraag ook in 2050 voortkomt uit een viertal fundamentele maatschappelijke behoeften. Om in die behoeften te voorzien, vervult energie de volgende vier functionaliteiten:

1. Lage temperatuurwarmte (tot 100°C), warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming, warm water. Kortweg: de functionaliteit lage temperatuurwarmte.
2. Hoge temperatuurwarmte (boven 100-120°C), warmte voor het maken van producten, hoge temperatuur proceswarmte. Kortweg: de functionaliteit hoge temperatuurwarmte.
3. Energie voor het voorzien in transport en mobiliteit. Kortweg: de functionaliteit transport en mobiliteit.
4. Energie voor verlichting, (elektrische) apparaten, informatie- en communicatietechnologie. Kortweg: de functionaliteit licht en apparaten.

Onderstaande figuur illustreert welke soorten warmte (in termen van temperatuur) er in Nederland in welke sectoren gebruikt worden. Hoge temperaturen (boven de 100-120°C) worden alleen gebruikt in de industrie. De primaire energievraag in 2012 in Nederland was 2.660 PJ en de aan de energievoorziening gerelateerde CO_2-emissies bedroegen 166 Mt. In tabel

Figuur 3-1: De verdeling van lage en hoge temperatuur warmte vraag naar temperatuur en sectoren in 2012 in Nederland (CE Delft, 2014) energieverbruik 2013



3-1 en 3-2 zijn deze totalen vertaald naar de functionaliteiten (berekeningen van CE Delft 2015). In de volgende paragrafen worden de vier functionaliteiten omschreven.

29 Warringa, G.E.A. & Rooijers, F.J. (2015). Verkenning functionele energievraag en CO2-emissies tot 2050. Delft: CE Delft.

Tabel 3-1: Primaire energievraag 2012* opgesplitst naar functie en sector (PJ)

	Transport	Industrie	Gebouwde omgeving en landbouw	Totaal (afgerond)
Licht en apparaten	0	260	440	700
Transport en mobiliteit	500	0	0	500
HT	0	670	0	670
LT	0	40	750	790
Totaal (afgerond)	500	970	1190	2660

* Op het moment van schrijven van dit advies het meest recente jaar waarvoor alle gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 3-2: CO_2-emissies 2012 opgesplitst naar functie en sector (Mt)

	Transport	Industrie	Gebouwde omgeving en landbouw	Totaal (afgerond)
Licht en apparaten	0	16	26	42
Transport en mobiliteit	37	0	0	37
HT	0	43	0	43
LT	0	2	43	45
Totaal (afgerond)	37	61	69	166

1. Functionaliteit lage temperatuurwarmte

De behoefte aan lage temperatuurwarmte komt vooral uit de gebouwde omgeving voor de verwarming van gebouwen en warm water om te koken en te douchen[30]. Bij huishoudens is ongeveer 20% van het totale warmtegebruik voor warm water en 80% voor ruimteverwarming[31].
Een klein deel (zo'n 10%) van de warmtebehoefte komt uit de landbouw, hoofdzakelijk voor de verwarming van kassen. Ook in de industrie is er vraag naar warm tapwater en ruimteverwarming (bijvoorbeeld voor productieruimtes en kantoorruimtes). Daarnaast wordt lage temperatuurwarmte in de industrie ingezet bij processen zoals koken, drogen, indampen en bakken in de voedings- en genotsmiddelenindustrie. De vraag naar lage temperatuurwarmte is het grootste bij huishoudens, gevolgd door utiliteitsbouw, landbouw en industrie (zie Figuur 3-1). De primaire vraag voor de functionaliteit lage temperatuurwarmte was in 2012 ongeveer 790 PJ. De CO_2-uitstoot voor de functionaliteit lage temperatuurwarmte was 45 Mt in 2012 (Tabel 3-1 en 3-2).

In Nederland wordt voor de lage temperatuurwarmte voor de gebouwde omgeving grotendeels aardgas gebruikt. Zo'n 85% van de huishoudens heeft centrale verwarming op aardgas[32]. Daarnaast wordt voor verwarming via warmtenetten (stadsverwarming) gebruikgemaakt van restwarmte van de industrie. Minder dan 1% van de woningen wordt verwarmd met een warmtepomp.

30 Er is een tendens naar steeds meer gebruik van koelsystemen (airco's), dit valt in de analyse onder 'licht en apparaten'.
31 Energietrends (2014) een uitgave van ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland.
32 Energietrends (2014) een uitgave van ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland.

2. Functionaliteit hoge temperatuurwarmte

In dit advies is de vraag naar hoge temperatuurwarmte gedefinieerd als de vraag naar temperaturen boven de 100-120°C. Deze vraag komt volledig voor rekening voor de industrie, waar het voornamelijk wordt ingezet als proceswarmte. Deze Nederlandse (proces)industrie is een belangrijke internationale speler en belangrijk voor de economische welvaart, welzijn en werkgelegenheid.

De bandbreedte van de benodigde warmte is zeer groot, van boven de 100°C voor bijvoorbeeld de voedingsmiddelenindustrie, tot meer dan 1.500°C bij de productie van metalen. De industriële warmtevraag heeft voor meer dan de helft een temperatuurniveau van meer dan 500°C. Het grootste deel van de vraag is afkomstig uit de chemische industrie, gevolgd door raffinage en de basismetaalindustrie.

Raffinaderijen, de (petro)chemische- en metaalindustrie, de voedingsmiddelen- en de papierindustrie hebben allemaal hoogwaardige proceswarmte nodig om te kunnen produceren. De chemische industrie is met bijna 60% de grootste afnemer van warmte, gevolgd door raffinaderijen[33].

Voorbeelden van processen waarvoor hoge temperatuurwarmte wordt ingezet zijn:

- Verwarming van fornuizen van stoomkrakers en fornuizen voor productie van methanol, ammoniak en waterstof (chemische industrie).
- Productie en verwerking van ruw staal (basismetaalindustrie). In de non-ferro-industrie is de vraag naar hoge temperatuurwarmte gekoppeld aan het smelten en gieten van metalen.
- Warmte in ovens voor productie van glas, glaswol, steenwol, keramische producten en cementklinker (bouwmaterialenindustrie).
- Een deel van de warmte voor koken, drogen, indampen en bakken in de voedings- en genotsmiddelenindustrie (ongeveer 50% van dit energieverbruik is boven de 100°C).
- Warmte voor het drogen van papier en pulp in de papier- en kartonindustrie.
- Warmte voor raffinageprocessen als destillatie en ontzwaveling.

De primaire vraag naar hoge temperatuurwarmte in 2012 was ongeveer 670 PJ (zie ook Tabel 3-1) en komt alleen voor in de industriële sector. De CO_2-uitstoot voor de functionaliteit hoge temperatuurwarmte was 43 Mt (Tabel 3-2).

In hoogwaardige temperatuurwarmte wordt voorzien door enerzijds productie-eenheden in de industrie en anderzijds komt de warmte van de elektriciteitsproductie uit WKK's, kolen- en gascentrales. De dragers voor deze energiefunctionaliteit zijn dus zowel gasvormig als vloeibaar, en de bronnen vrijwel altijd fossiel. De belangrijkste bron voor de productie van hoge temperatuurwarmte is momenteel aardgas[34], met uitzondering van de staalproductie, waarvoor kolen worden gebruikt. Raffinaderijen gebruiken eigen olie voor hun warmtebehoefte.

33 Nationaal Expertisecentrum Warmte (2013), 'Warmte en koude in Nederland'.
34 Davidse Consultancy (2012). Warmte-energie, de motor van de industrie.

3. Functionaliteit transport en mobiliteit

De functionaliteit transport en mobiliteit omvat de aandrijving van vervoermiddelen om personen en/of goederen te verplaatsen. Het gaat hierbij om vervoer over de openbare weg. Hieronder vallen onder andere de energiedragers motorbenzine, autodiesel, kerosine, aardgas, elektriciteit, stookolie, biodiesel en waterstof. Het vervoer op een eigen bedrijfsterrein en verbruik door mobiele werktuigen, zoals tractoren en mobiele machines voor de bouw die niet op de openbare weg opereren, vallen niet binnen deze categorie.

De primaire vraag voor de transport- en mobiliteitsbehoefte was ongeveer 500 PJ in 2012 (Tabel 3-1). Het verbruik van motorbrandstoffen binnen deze functionaliteit omvat verschillende transportmodaliteiten. Het wegverkeer heeft het grootste aandeel in het totale energieverbruik voor transport. Het aandeel daarvan is 85% in totale energieverbruik en 45% daarvan komt op het conto van personenvervoer.

Mobiliteit is een belangrijke veroorzaker van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland, zo'n 37 Mt CO_2 in 2012. De emissies van transport en mobiliteit in Nederland zijn de afgelopen jaren licht gedaald, maar niet genoeg voor een duurzaam en efficiënt transport- en mobiliteitssysteem.

Dragers voor de functionaliteit van transport en mobiliteit zijn veelal vloeibare brandstoffen, vooral van een fossiele bron. Het aandeel gasvormige dragers is gering. Autogas (Liquefied Petroleum Gas, LPG) heeft een klein aandeel in het personenvervoer en gecomprimeerd aardgas (CNG[35]; Compressed Natural Gas) wordt ook wel toegepast in personenauto's en bussen. In de binnenvaart wordt sinds kort ook op vloeibaar aardgas (LNG; Liquefied Natural Gas) gevaren.

Het aandeel elektriciteit als drager is nog kleiner, maar groeit de laatst jaren gestaag. Er rijden ongeveer 35.000 (semi-)elektrische personenauto's[36] (NEV, 2014).

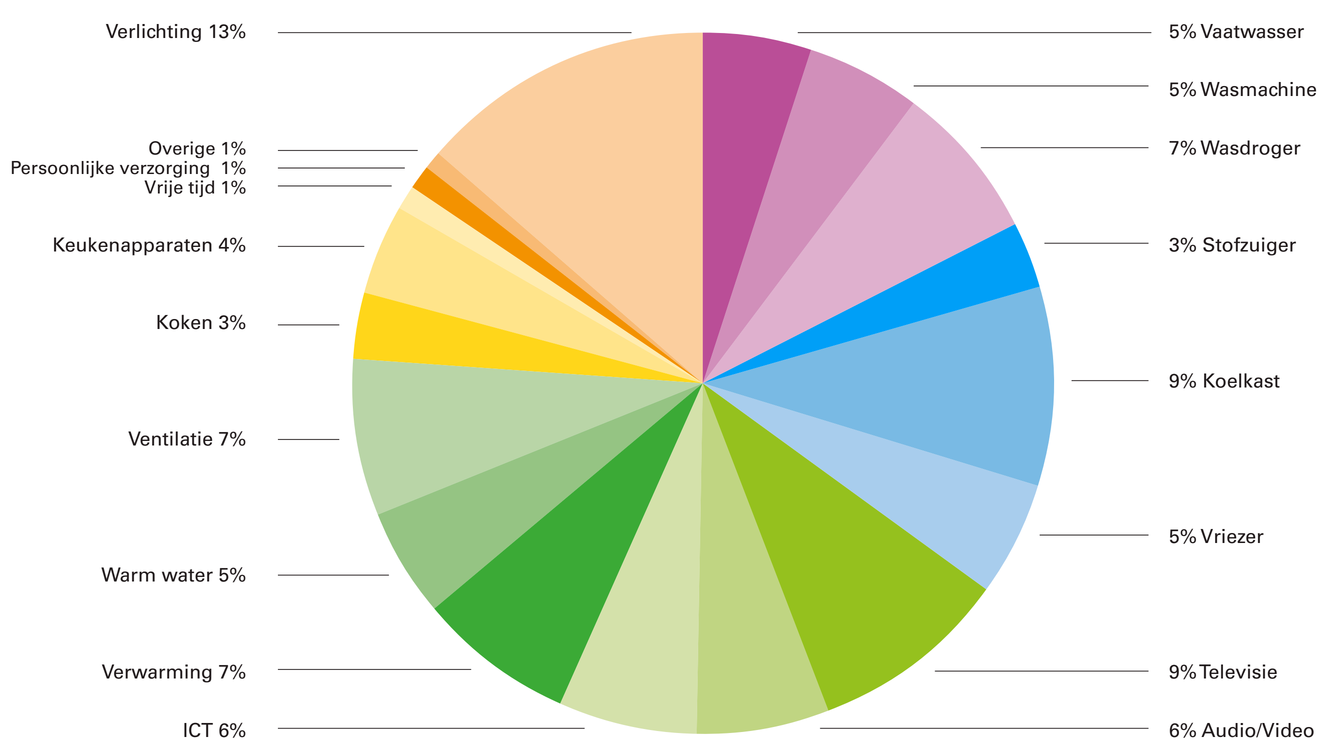
4. Functionaliteit licht en apparaten

De functionaliteit licht en apparaten is de verzamelterm voor functies waarvoor elektriciteit als energiedrager nodig is, met uitzondering van elektriciteit voor de andere drie functionaliteiten. Dit zijn met name verlichting en elektrische aandrijving van apparaten en processen. Ook elektrische energie voor koeling bij huishoudens (airco), de dienstensector (supermarkten, datacenters) en de industrie (chemie, zuivel, koelhuizen) valt binnen deze categorie. Voor de productie van elektriciteit worden zowel fossiele brandstoffen gebruikt (thermische centrales en generatoren, al dan niet op diesel) als hernieuwbare bronnen (zon, wind, biomassa).

De primaire vraag naar licht en apparaten was 700 PJ in 2012 (Tabel 3-1). De verwachting is dat de vraag naar licht en werkende apparaten de komende jaren toeneemt. De CO_2-uitstoot voor de functionaliteit licht en apparaten was 42 Mt in 2012 (Tabel 3-2).

35 CNG is aardgas onder hoge druk (200 bar). LNG is vloeibaar aardgas opgeslagen bij lage temperatuur (-162 °C).
36 NEV (2014). Nationale Energieverkenning 2014

Figuur 3-4: Verdeling elektriciteitsgebruik van licht en apparaten



In Figuur 3-4 staat de verdeling van het elektriciteitsverbruik voor licht en apparaten van huishoudens. Elektrische apparaten worden steeds zuiniger, maar er komen ook nieuwe elektrische apparaten bij. Via de Europese Richtlijn Ecodesign worden afspraken gemaakt om elektrische apparaten energiezuiniger te maken.

Vraag naar koeling

De vraag naar elektriciteit voor koeling van kantoorgebouwen, ziekenhuizen, horeca, winkels, chemische- en voedselverwerkende industrie (zuivel en vlees) en transport en opslag (koelhuizen) is relatief kleiner dan de warmtevraag. De koudevoorziening vraagt 84 PJ aan primaire energie en is verantwoordelijk voor 2,4% van het primaire energiegebruik bij deze functionaliteit. Meer dan een derde deel van de totale koudevraag in Nederland komt van koelkasten in huishoudens.

BIJLAGE 4

EMISSIERUIMTE ENERGIEVOORZIENING NEDERLAND

Deze bijlage beschrijft de berekening van de de beschikbare CO_2-emissieruimte voor de Nederlandse energievoorziening in 2050. De berekening is sterk gebaseerd op een studie van PBL en ECN (PBL, 2011, p. 27-28).

Een nationale doelstelling van 80%-95% reductie van CO_2-equivalenten is een majeure opgave voor Nederland en voor de Nederlandse economische sectoren. De broeikasgasemissies bestaan uit energiegerelateerde en niet-energiegerelateerde broeikasgassen. In 1990[37] lag de broeikasgasuitstoot in Nederland op zo'n 220 Mt CO_2-equivalenten[38,39]. Hierin zijn methaan (CH_4), lachgas (N_2O) en fluorgassen de belangrijkste niet CO_2-broeikasgassen. De landbouw is belangrijkste 'producent' van methaan en lachgas.

Als de broeikasgasemissies in 2050 in Nederland minimaal 80% lager moeten liggen dan in 1990, betekent dat dat er dan nog maximaal 44 Mt CO_2-equivalenten uitgestoten kunnen worden door alle sectoren in Nederland.

Hoe deze emissies in 2050 in de praktijk verdeeld worden over sectoren, en dus welke ruimte er voor de energievoorziening overblijft, hangt af van de beschikbare kosteneffectieve maatregelen in de verschillende sectoren. De huidige inschattingen zijn:

- De technische kosteneffectieve mogelijkheden om het aandeel landbouwemissies te verminderen zijn relatief beperkt. Door verbeteringen in de melkproductie, het veevoer, het gebruik van meststoffen en door het vergisten van dierlijke mest, kunnen de emissies in de landbouw teruggebracht worden tot een niveau van naar schatting 12 Mt CO_2-equivalenten in 2050[40]. Voor verdergaande emissievermindering is een structurele verandering in de productiestructuur van de landbouw nodig. Vanuit mondiaal perspectief heeft verschuiving van de productie geen zin. De vermindering en verandering van de consumptie van dierlijke producten kan wel uitkomst bieden (PBL, 2011 p.27).
- De overige niet-CO_2-broeikasgasemissies uit de industrie en afvalverwerking kunnen wel aanzienlijk worden teruggebracht, namelijk tot een restemissie van maximaal 2 Mt CO_2-equivalenten.
- Belangrijke industriële N_2O-bronnen zijn naar verwachting in 2050 vrijwel volledig geëlimineerd.
- Fluorverbindingen voor toepassingen als koeling kunnen worden vervangen. De methaanemissies van stortplaatsen nemen geleidelijk af tot bijna nul en die van rioolwaterzuiveringsinstallaties worden aanzienlijk teruggebracht (PBL 20111 p28).

De broeikasgasemissies uit de landbouw en de restemissies uit de industrie nemen in 2050 naar schatting 14 Mt van de emissieruimte in. Op basis van deze schatting is de resterende emissieruimte van 30 Mt

37 Voor het basisjaar van het Kyoto Protocol is dat 221Mt. De hoeveelheid broeikasgasemissies in CO_2 equivalenten zijn een optelling van de CO_2-equivalenten van koolstofdioxide, lachgas (N_2O) en methaan (CH_4) in 1990 en die van de fluorhoudende gassen in 1995. Bron: Compendium voor de Leefomgeving (2015). Geraadpleegd op 14 augustus 2015 via http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/overhetclo/

38 Om de invloed van de verschillende broeikasgassen te kunnen optellen, worden de emissiecijfers omgerekend naar zogeheten CO_2-equivalenten. Eén CO_2-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO_2 heeft. De uitstoot van 1 kg distikstofdioxide (N_2O) staat gelijk aan 296 CO_2-equivalenten en de uitstoot van 1 kg methaan (CH_4) aan 23 CO_2-equivalenten. De fluor(chloor)gassen hebben elk een hoog CO_2-equivalent, maar omdat de uitgeworpen hoeveelheden relatief klein zijn, is hun bijdrage aan het landelijk totaal gering. Bron: CBS, www.cbs.nl onderwerp methoden.

39 Bron: website Compendium voor de Leefomgeving, broeikasgasemissies in Nederland

40 De onzekerheidsmarge in deze schatting is groot, met name in hoeveel de CH_4 en N_2O-emissies kunnen worden gereduceerd. Een paar Mt meer of minder heeft invloed op de ruimte die overblijft voor de energievoorziening.

beschikbaar voor de energievoorziening. Dit is 82% reductie, uitgedrukt als percentage van de emissies in de energievoorziening in 1990. Voor vergaande reductiepercentages zijn dan negatieve emissies in de energievoorziening nodig. Die zijn mogelijk indien opslag van CO_2-emissies wordt toegepast bij de productie van bio-energie (een zogenoemde carbon sink). Tabel 4-1 geeft bovenstaande berekening weer, Figuur 4-1 is daar een grafische weergave van.

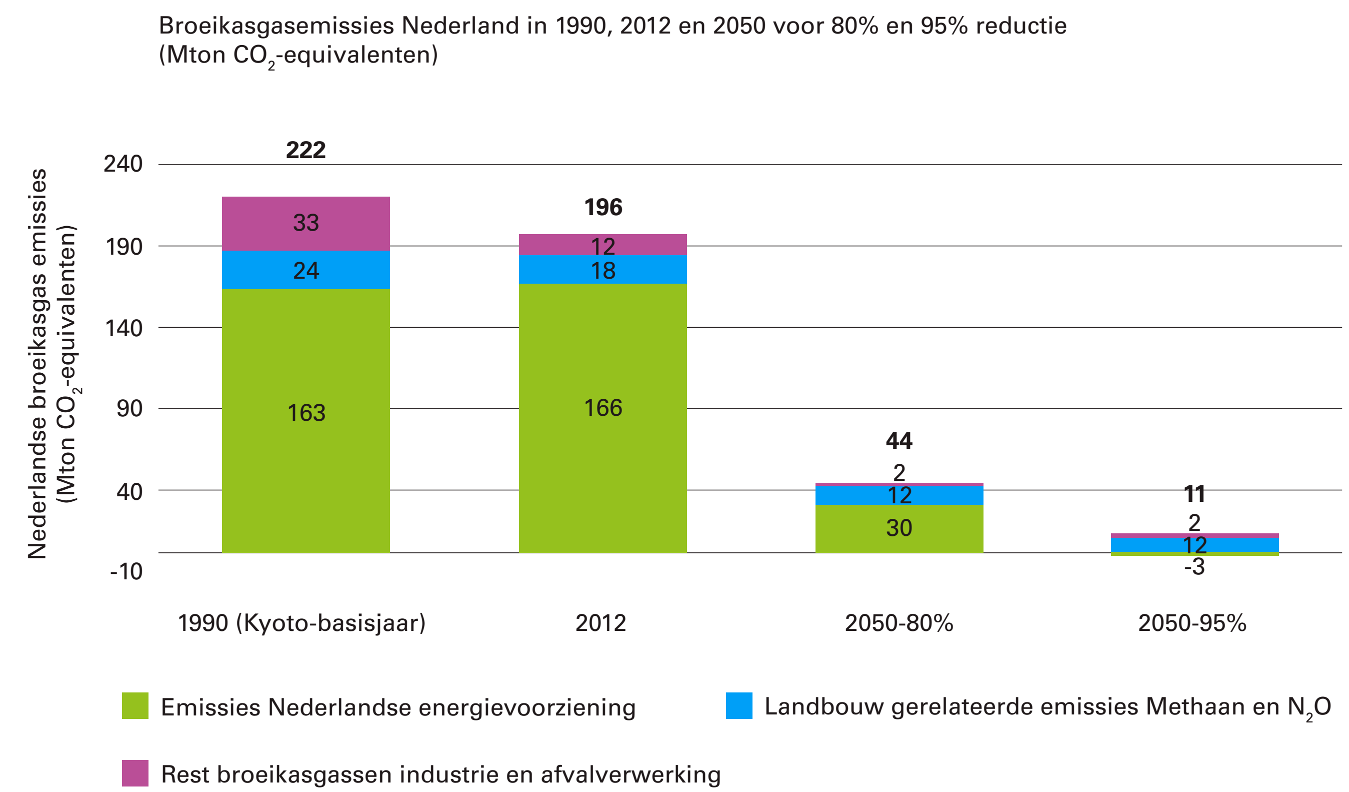
Tabel 4-1: Broeikasgasemissies (Mt CO_2-equivalenten) voor de energievoorziening in 2050 met verschillende nationale broeikasgasreductie-doelstellingen.

	Reductie doelstelling voor Nederland	Totaal emissie-ruimte voor Nederland	Waarvan landbouw gerela-teerde Methaan en N_2O*	Rest broei-kasgassen industrie en afvalver-werking**	Emissie-ruimte voor de energie-voorziening	% reductie door de energie-voorziening (% totale emissie energie-voor-ziening in 1990)
1990*		220	24	33	163	
2050	-80%	44	12	2	30	82
	-95%	11	12	2	-3	102
	-100%	0	12	2	-14	108

* basisjaar zijn emissies in 1990 [41]

** voor 2050 bron: PBL/ ECN 2011, p28 [42]

Figuur 4-1: Broeikasgasemissies (Mt CO_2-equivalenten) voor de energievoorziening in 1990 en 2050



41 Compendium voor de Leefomgeving (2015). Geraadpleegd op 14 augustus 2015 via http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/overhetclo/. Gecorrigeerd voor aangepaste CO_2-equivalenten factoren voor CH_4 en N_2O.

42 Planbureau voor de Leefomgeving en Energieonderzoek Centrum Nederland (2011). *Naar een schone economie in 2050: routes verkend. Hoe Nederland klimaatneutraal kan worden.* Den Haag: PBL. Gecorrigeerd voor aangepaste CO_2-equivalenten factoren voor CH_4 en N_2O.

BEGRIPPENLIJST

Basislast Permanent elektrisch vermogen dat wordt gevraagd binnen een elektriciteitsnet en onder welk niveau de vraag (belasting van het net) eigenlijk nooit zakt.

Biomassa cascadering Bij cascadering wordt biomassa omgezet in een spectrum van vermarktbare producten en energie ter vervanging van fossiele grondstoffen. Hierbij wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijk gebruik van de biomassa: alle componenten worden optimaal gebruikt en het ontstaan van reststromen wordt geminimaliseerd. Korter: alle componenten van biomassa dienen zo goed mogelijk benut te worden met de hoogste toegevoegde waarde.

Capaciteitsmechanisme Een term die betrekking heeft op de inrichting van de elektriciteitsmarkt. Bij een dergelijk mechanisme ontvangen producenten een vergoeding voor het beschikbaar houden van productiecapaciteit. Deze vergoeding komt bovenop de inkomsten uit de verkoop van daadwerkelijk geproduceerde stroom (het huidige 'energy-only' marktmodel). Een capaciteitsmechanisme betekent dat energiebedrijven niet alleen betaald krijgen voor de energie die zij leveren, maar ook voor de productiecapaciteit waarmee zij leveringszekerheid bieden.

Carbon Capture and Storage (CCS) Het afvangen en opslaan van CO_2.

Circulaire economie De circulaire economie is een economisch en industrieel systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt, waardevernietiging in het totale systeem minimaliseert en waardecreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft.

CO_2-equivalent Om de invloed van de verschillende broeikasgassen op de opwarming van de aarde te kunnen optellen, worden de emissiecijfers omgerekend naar zogeheten CO_2-equivalenten. Eén CO_2-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO_2 heeft .

Compressed Natural Gas (CNG) Aardgas onder druk dat als voertuigbrandstof wordt ingezet.

Decentrale energieopwekking Het lokaal (bij de afnemers zelf) opwekken van elektriciteit en/of warmte die ook aan het net kan worden geleverd. Decentrale energie is de combinatie van energieproductie en –gebruik (warmtenetten tot zo'n 3 km, lagedrukgasnet, elektriciteit op laag- en middenspanning). Deze afbakening geeft de positie aan van decentrale productie en levering ten opzichte van centrale productie en levering.

Elektrificatie Gebruik van elektriciteit voor nieuwe toepassingen, bijvoorbeeld elektrische auto's, industriële productie op basis van elektriciteit, waterstofproductie, power-to-heat, power-to-gas en warmtepompen in gebouwen.

Energieakkoord Het (SER) Energieakkoord, voluit het 'Energieakkoord voor duurzame groei', waaraan ruim veertig organisaties, waaronder overheid, werkgevers, vakbeweging en natuur- en milieuorganisaties zich verbinden. In het akkoord staan o.a. afspraken over energiebesparing, schone technologie en klimaatbeleid.

Energiebronnen Grondstof die fungeert als bron voor energie, bijvoorbeeld

de fossiele energiebronnen aardolie, aardgas, steenkool of de duurzame energiebronnen wind en zon.

Energiedrager De energiedrager – bijvoorbeeld elektriciteit - is de vorm waarin de energie uit een energiebron – bijvoorbeeld kolen - naar de energiefunctie wordt gebracht. Eenzelfde drager, in dit voorbeeld elektriciteit, kan in meerdere energiefuncties voorzien, bijvoorbeeld zowel verlichting als vervoer. Tegelijkertijd kan een energiedrager uit verschillende energiebronnen gemaakt worden, in dit voorbeeld zowel uit kolen, aardgas als wind.

Energietransitie Onder energietransitie wordt verstaan de grootscheepse verandering van het huidige energiesysteem naar een 'duurzame energiehuishouding'. "Een energiehuishouding (met inbegrip van mobiliteit) is pas duurzaam als de gebruikte energiebronnen nu en in de toekomst voldoende beschikbaar zijn, als de effecten van het energiegebruik blijvend onschadelijk zijn voor de natuur en de mens, als de levering betrouwbaar en veilig is en als een ieder toegang heeft tot energie tegen een redelijke prijs." (vierde Nationale Milieubeleidsplan) .

European Emissions Trading System (EU ETS) Europees emissiehandelssysteem van broeikasgassen. Bedrijven die deelnemen aan emissiehandel moeten voor elke ton CO_2- equivalenten die zij uitstoten, een emissierecht inleveren.

Finale energievraag De finale energievraag refereert aan het energiegebruik door eindgebruikers. Bijvoorbeeld de finale vraag naar elektriciteit van een huishouden kan worden afgelezen op de elektriciteitsmeter.

Flexibiliteit Inspelen op de wisselende vraag en aanbod van energie. In toenemende mate belangrijk omdat duurzame energiebronnen (zon, wind) een wisselend karakter hebben. De vraagkant, de consument bijvoorbeeld, kan ook flexibel gemaakt worden. Bijvoorbeeld door apparaten die geautomatiseerd reageren op het aanbod van elektriciteit. Denk aan een slimme wasmachine die aan gaat bij een elektriciteitsoverschot.

Functionaliteit hoge temperatuurwarmte De functie hoge temperatuurwarmte voorziet in warmte voor het maken van producten en in hoge temperatuur proceswarmte. Kortweg: de functionaliteit hoge temperatuurwarmte.

Functionaliteit lage temperatuurwarmte De functie lage temperatuurwarmte voorziet in de warmtevoorzieningen in gebouwen voor verwarming en warm water (voor bijvoorbeeld douchen en voedselbereiding). Kortweg: de functionaliteit lage temperatuurwarmte.

Functionaliteit licht en apparaten De functie licht en apparaten voorziet in energie voor verlichting, (elektrische) apparaten en informatie- en communicatietechnologie. Kortweg: de functionaliteit licht en apparaten.

Functionaliteit transport en mobiliteit De functie transport en mobiliteit voorziet in energie voor transport en mobiliteit. Kortweg: de functionaliteit transport en mobiliteit.

Green Peace Energy (R)evolution scenario Scenario's ontwikkeld door GreenPeace International en European Renewable Energy Council (EREC), met een Nederlandse uitwerking van deze scenario's. Belangrijke uitgangspunten: mondiale temperatuurstijging in 2050 maximaal 2°C, sterke vermindering van CO_2-uitstoot en uitfasering van kernenergie (Greenpeace, 2013; Warringa en Rooijers, 2015).

Groep van zeven (G7) De G7 is een intergouvernementeel forum van zeven vooraanstaande industriële landen (Canada, Frankrijk, Duitsland, Italië,

Japan, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten).

IEA ETP 2 graden Celsius scenario Een door het International Energy Agency uitgebracht scenario. Belangrijke uitgangspunt: mondiale temperatuurstijging in 2050 van maximaal 2°C (International Energy Agency, 2015; Warringa en Rooijers, 2015).

Innovatiegolven Een manier van kijken naar innovatie, beschreven door Lester en Hart (2012). Drie achtereenvolgende golven van innovatie die voor een deel tegelijkertijd en overlappend kunnen plaatsvinden: energiebesparing, uitrol van bestaande technologieën, en implementatie van radicaal nieuwe technologie.

Intermitterend Intermitterende energiebronnen (zonne- en windenergie) leveren geen constante elektriciteit, vanwege afhankelijkheid van het weer.

Leveringszekerheid In enge zin: het vermogen van een net om elektriciteit te leveren aan afnemers (artikel 1, eerste lid van de elektriciteitswet 1998). In dit advies is het begrip in bredere zin gehanteerd: voor alle energiedragers. Zie ook voorzieningszekerheid.

Liquid Natural Gas (LNG) Vloeibaar aardgas dat als transportbrandstof kan worden ingezet. De volumereductie bij LNG is aanzienlijk groter dan bij compressie tot CNG. Daarom wordt deze methode veel gebruikt bij het transport van aardgas over zee in LNG-tankers.

Maatschappelijke arrangementen Samenwerkingsverbanden tussen betrokkenen binnen een keten, een energiefunctie of een gebied/locatie waarin doelen worden gesteld, vorderingen naar dat doel worden bijgehouden en (juridische) afspraken worden gemaakt. Een belangrijk onderdeel van de in dit advies voorgestelde sturing, die niet alleen meer door de centrale overheid bewerkstelligd kan worden.

Marginale kosten De stijging van de totale kosten wanneer één extra eenheid ergens van wordt geproduceerd.

Marktmodel Het model, of de (juridische) inrichting van de markt: welke afspraken gelden er, wie is waarvoor verantwoordelijk.

Megaton (Mt) Een miljoen ton. Gebruikelijke eenheid om de uitstoot van CO_2 aan te geven.

Merit-order Productie-eenheden worden ingezet in volgorde van hun marginale kosten (goedkoopste centrale wordt eerst ingezet totdat deze capaciteit verbruikt is, dan wordt de eerstvolgend goedkope centrale ingezet, enzovoort).

Niet CO2-broeikasgassen Gassen die een broeikaseffect hebben, die bijdragen aan de opwarming van de aarde, die geen CO_2 zijn. De belangrijkste zijn: methaan (CH_4), distikstofoxide (N_2O), HFK's, PFK's, SF6 .

Parts per million (ppm) Oftewel: delen per miljoen, is een maat voor concentratie. Een concentratie van 1 ppm geeft aan dat er één deel van een product is op een totaal van een miljoen delen.

Petajoule (PJ) Eenheid voor energie, gelijk aan 1015 joule.

Pieklast De hoeveelheid elektriciteit die tijdens hoge vraag (piekuren) nodig is.

Power-to-gas (P2G) De technologie om elektriciteit via elektrolyse om te zetten tot waterstof. De elektrische energie wordt dus opgeslagen in gasvorm.

Power-to-heat (P2H) De technologie om elektriciteit om te zetten in warmte.

Primaire energievraag De energie, inclusief omzetverliezen die nodig is om te voorzien in de behoefte van de finale vraag.

Prosumenten Energiegebruikers die tevens energieproducenten zijn.

Smart grid Gas- of elektriciteitsnet dat naast de energiedrager ook informatie meestuurt.

Sturing In dit advies: er bestuurlijk, technisch en maatschappelijk voor zorgen dat de energietransitie zich naar het doel ontwikkelt.

Systeemintegratie Systeeminnovaties die leiden tot nieuwe kennis, diensten en producten die nodig zijn om de energievoorziening van de toekomst zodanig in te richten dat deze zoveel mogelijk gebruikmaakt van het potentieel voor duurzame energie, betrouwbaar en betaalbaar blijft en de transitie naar een duurzame energievoorziening optimaal faciliteert.

Thoriumreactortechnologie Een thoriumreactor is een kernreactor die kernsplijting van thorium als energiebron gebruikt. Dit geeft minder (radioactief) afval dat bovendien veel korter radioactief blijft.

Voorzieningszekerheid Voorzieningszekerheid is de mate van zekerheid die er is over de beschikbaarheid van energie nu en in de toekomst. Dit begrip heeft een veel bredere betekenis, want het gaat daarbij om de gehele energieketen van brandstof, conversie, transport en levering.

Vraagrespons en –sturing Vraagrespons (of demand side response) is een situatie waarin gebruikers (vragers) van elektriciteit hun gebruik verlagen dan wel verhogen in reactie op de actuele marktsituatie. Zie ook flexibiliteit.

Warmte-koude-opslag (WKO) Is een duurzame methode om energie in de vorm van warmte of koude in de bodem op te slaan.

TOTSTANDKOMING

Samenstelling van de raadscommissie

Mr. H.M. Meijdam, voorzitter Rli

Prof.dr.ir. M.A.M. Boersma, bijzonder hoogleraar Corporate Governance Tilburg University, TIAS School for Business and Society en commissaris/ toezichthouder bij bedrijven en organisaties in binnen- en buitenland

Ir. M. Demmers MBA, lid Rli, directeur corporate responsibility, Royal HaskoningDHV

Prof.dr.ir. T.H.J.J. van der Hagen, decaan van de faculteit Technische Natuurwetenschappen van de Technische Universiteit Delft, lid van de Adviesraad voor Wetenschap, Technologie en Innovatie

Drs. M.J.E. Hoek MBA, directeur De Groene Zaak, Voorzitter Bestuur Het Groene Brein

Ir. M.M.A. Janssen, MM, CEO & Chair of the Board Ecorys group, Boegbeeld topsector energie

Prof.dr. J.G. van der Linde, directeur van Clingendael International Energy Programme (CIEP), (deeltijd) hoogleraar Geopolitiek en Energie, Rijksuniversiteit Groningen

Prof. dr. P. Schnabel, hoogleraar Universiteit Utrecht, tot 9-6-2015 kroonlid SER (vanaf 9-6-2105 als extern deskundige)

Samenstelling projectteam

Ir. F.W. de Haan, projectleider

S. Cherif MSc, projectmedewerker

Drs. W.J.C. Schaaf, projectmedewerker

Dr.ir. E.C. Schmieman, projectmedewerker

C.I.A. de Vries BC, projectassistent

Drs. T. de Vries, projectmedewerker

Geraadpleegde personen

Dr. R. Aalbers, Centraal Planbureau

C. Beijnen, Gasunie

Dr. J. Bollen, Centraal Planbureau

Dr. P Boot, Planbureau voor de leefomgeving

Drs H. Brouwen, Zelfstandig adviseur

Mr. drs. D.S. Buytendorp, Ministerie van Financiën

Ir. J.P. van Dalen, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Ir. B. Daniels, Energie Onderzoekscentrum

Drs. A. Dekkers, Ministerie van Economische Zaken

Drs. J.A. Dierikx, Ministerie van Economische Zaken

Drs. G.A.M. Fenten, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Drs A. Francois, Autoriteit Consument en Markt

Drs. M. Frequin, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Ir. R. Gerrits, Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie

B.M.E. Geurts, Ministerie van Algemene Zaken

M.J.H.A. van Giezen, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Drs. P.R. Heij, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Dr. M. Hekkenberg, Energie Onderzoekscentrum
Prof. Dr. M. Hekkert, University of Utrecht, Copernicus Institute of Sustainable Development
G. van Hooijdonk, Msc, Natuur & Milieu
Dr. A. Hoorn, Planbureau voor de Leefomgeving
Dr. N. van Hulst, Nederlands ambassadeur bij de OECD
Ir. R. Idema, Royal HaskoningDHV
D. de Jager, Msc, Ecofys
Ir. D Jaspers, CE Delft
Dr. J. Kerkhoven , Quintel Intelligence
Dr. R. Koelemeijer, Planbureau voor de leefomgeving
Dr P. Koutstaal, Energie Onderzoekscentrum
Drs. C.B.F. Kuijpers, Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Dr. B. Leeftink, Ministerie van Economische Zaken
M.W. Linssen MSc, Ministerie van Financiën
Drs K. van der Leun, Ecofys
T. van Melle, Msc, Ecofys
Drs. E.H.Th.M. Nijpels, Borgingscommissie Energieakkoord
Drs J. Oude Lohuis, Ecofys
A. de Pee, Msc, McKinsey
Dr. C. Redl, Agora Energiewende
Drs. D.G.C. Roest, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Ir. F.J. Rooijers, CE Delft
Drs J. Ros, Planbureau voor de Leefomgeving
Drs B. Schepers, CE Delft
Drs A. van der Slot, Roland Berger
M. Steigenberger, Agora Energiewende
Prof.dr.ing. G.R. Teisman, Erasmus Universiteit Rotterdam
J. Thijssen, Msc, Greenpeace
drs. D.J. Tijl, Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Ir. J. Truijens, Royal HaskoningDHV
drs U. Vermeulen, Gasunie
Drs. G.E.A. Warringa, CE Delft
Prof.dr. G.P. van Wee, TU Delft
Prof. dr. B. ter Weel, Centraal Planbureau
Drs. P.T.S. Werther, Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Drs. B.E. Westgren, Ministerie van Economische Zaken
E.J. Wierenga, Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Drs J. Wijnhoven, Greenpeace
Dr. A Wirtz, Quintel Intelligence

Maatschappelijk consultatie

De Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli) heeft tijdens het opstellen van het advies 'Rijk zonder CO_2, naar een duurzame energie-voorziening in 2050' een maatschappelijke consultatie georganiseerd waarin belangstellenden waren uitgenodigd hun visie te geven.
De consultatie bestond uit twee bijeenkomsten en de mogelijkheid om via de Rli-website te reageren. Een weergave van deze consultatie is te vinden op de webiste van de Rli (www.rli.nl) in de publicatie 'Opbrengst van de open consultatie ten behoeve van het advies Rijk zonder CO_2, naar een duurzame energievoorziening in 2050'.

Klankbord

Prof.dr. K. Blok, Ecofys en TU Delft

Prof.dr. J.M. Cramer, Universiteit Utrecht

Ing. D. Faber, directeur Ekwadraat Group.

Ir. H. Fennema, Gasunie

Ing. F.J. de Groot, VNO-NCW/MKB Nederland

G. van Hooijdonk, Msc, Natuur & Milieu

Ir. R. Miesen, RWE

Mr.drs. M. Minnesma MBA, Urgenda

Ir. J.P. van Soest, De Gemeynt

D.J. van Swaay, ING Bank Nederland

De Rli heeft dankbaar gebruikgemaakt van de expertise van de leden van de klankbordgroep in discussies op basis van stellingen en redeneerlijnen. De klankbord heeft voor ons een belangrijke rol vervuld als klankbord en sparringpartner van de voorbereidende commissie. De leden dragen geen verantwoordelijkheid voor de uiteindelijke teksten. Evenmin hebben zij daar vooraf kennis van kunnen nemen. Deze komen volledig voor de verantwoordelijkheid van de Rli.

Reviewers

Prof.dr. K. Blok, Ecofys en TU Delft

Ir. J.P. van Soest, De Gemeynt

Dr. P. Boot, Planbureau voor de leefomgeving

Ir. R. Ybema, Energy Acedamy Europe

Publicaties bij dit advies

Te vinden op www.rli.nl

Kerkhoven, J. , A. Wirtz en C Kruip (2015), *Beelden van een CO_2-arme Nederlandse samenleving in 2050. Verkenning voor de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur,* Quintel Intelligence, Amsterdam.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2015). *Opbrengst van de open consultatie ten behoeve van het advies "Rijk zonder CO_2 Naar een duurzame energievoorziening in 2050".*

Warringa, G.E.A. & Rooijers, F.J. (2015). Verkenning functionele energievraag en CO_2-emissies tot 2050. Delft: CE Delft.
Compilatievideo open consultatie bijeenkomst 24 maart 2015:

Link naar http://www.rli.nl/video/energie-advies-2050-compilatiefilm-consultatie-24-maart-2015

Impressie open consultatie bijeenkomst 19 mei 2015 in foto's, video's en tweets 19 Link naar https://storify.com/tweetredacteur/energie2050

OVERZICHT PUBLICATIES

2015

Ruimte voor de regio in Europees beleid. September 2015 (Rli 2015/05)

Wonen in verandering, over flexibilisering en regionalisering in het woonbeleid. Juni 2015 (Rli 2015/04)

Stelselherziening omgevingsrecht. Mei 2015 (Rli 2015/03)

Circulaire economie, van wens naar uitvoering. Juni 2015 (Rli 2015/02)

Verkenning Technologische Innovaties in de leefomgeving. Januari 2015 (Rli 2015/01)

2014

Vrijkomend rijksvastgoed, over maatschappelijke doelen en geld. December 2014 (Rli 2014/07)

Risico's gewaardeerd, naar een transparant en adaptief risicobeleid. Juni 2014 (Rli 2014/06)

Milieuschade verhalen, advies financiële zekerheidstelling milieuschade Brzo- en IPPC4-bedrijven. Juni 2014 (Rli 2014/05)

De toekomst van de stad, de kracht van nieuwe verbindingen. April 2014 (Rli 2014/0)

Kwaliteit zonder groei, over de toekomst van de leefomgeving. April 2014 (Rli 2104/03)

Doen en laten, effectiever beleid door mensenkennis. Maart 2014 (Rli 2014/02)

Langer zelfstandig, een gedeelde opgave van wonen, zorg en welzijn. Januari 2014 (Rli 2014/01)

2013

Duurzame keuzes bij de toepassing van het Europees landbouwbeleid in Nederland. Oktober 2013 (Rli 2013/06)

Sturen op samenhang, governance in de metropolitane regio Schiphol/ Amsterdam. (September 2013 (Rli 2013/05)

Veiligheid bij Brzo-bedrijven, verantwoordelijkheid en daadkracht. Juni 2013 (Rli 2013/04)

Nederlandse logistiek 2040, designed tot last. Juni 2013 (Rli 2013/03)

Onbeperkt houdbaar, naar een robuust natuurbeleid. Mei 2013 (Rli 2013/02)

Ruimte voor duurzame landbouw. Maart 2013 (Rli 2013/01)

2012

Keep moving, Towards Sustainable Mobility. Edited bij Bert van Wee.
Oktober 2012 (Rli/EEAC)

Colofon

Tekstredactie
Catherine Gudde, Paradigma Producties

Fotoverantwoording
Cover: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 14: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 19: Maarten Hartman / Hollandse Hoogte
Pagina 24: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 27: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 34: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 43: Corbis / Hollandse Hoogte
Pagina 57: Erven Marco Hillen / Hollandse Hoogte

Grafisch ontwerp
2D3D Design

Publicatie Rli 2015/06

September 2015

ISBN 978-90-77166-61-1
NUR 740